Spedizione in abbonamento postale gruppo IV/70, n. 2 - 2° sem. 1988

ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI

ANNO XXXVII NUMERO 1 - 1988 EDIZIONI NUOVA ERI - Via Arsenale, 41 - TORINO L. 5000

Televisione numerica: immagine di prova (v. articoli a pag. 3 e 29).

RIVISTA QUADRIMESTRALE A CURA DELLA RAI
Redazione presso RAI - Centro Ricerche, Corso Giambone 68
10135 TORINO - Telefono 8800 interno 3132
Edita dalla NUOVA ERI - Via Arsenale 41 - 10121 TORINO
Tel. 8800 - Telegr. EDRAD - TORINO - C.C.P. n. 26960104

La rivista "Elettronica e Telecomunicazioni" proseguirà la pubblicazione a cura del Centro Ricerche della RAI-Radiotelevisione Italiana con periodicità quadrimestrale. Il prezzo di copertina di un fascicolo è di lire 5.000 (estero lire 10.000) e quello dell'abbonamento annuale è di lire 12.000 (estero lire 24.000).

L'indirizzo della nuova redazione è il seguente:

ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI
c/o Centro Ricerche RAI
Corso Giambone, 68
10135 TORINO
Tel. 011/8800 int. 3132

P.S. Gli abbonati che hanno già proceduto al rinnovo con le vecchie quote riceveranno direttamente comunicazioni circa la loro posizione.

AGOSTO 1988

DA PAGINA 1
A PAGINA 48

RIVISTA QUADRIMESTRALE
A CURA DELLA RAI
EDITA DALLA NUOVA ERI

DIRETTORE RESPONSABILE
ROLANDO SALVADORINI

COMITATO DIRETTIVO
A. RICCOMI, F. ANGELI,
G. M. POLACCO, R. CAPRA

REDAZIONE PRESSO
CENTRO RICERCHE RAI
CORSO GIAMBONE, 68
TEL. (011) 88 00 (int. 31 32)
10135 TORINO

Concessionaria esclusiva della pubblicità:
SOC PER LA PUBBLICITÀ IN ITALIA (SPI)
20121 MILANO - VIA MANZONI 37 - TEL (02) 63131

Distribuzione per l'Italia:
Parrini & C. - p. Indipendenza 11/B
00185 Roma - Tel. (06) 49.92

Affiliato alla Federazione Italiana Editori Giornali

Stampa: ILTE - Moncalieri (Torino)

ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI

Sommario: *pagina*

Fotografia ripresa sul monitore di una immagine di prova di televisione numerica. La diffusione radiofonica e televisiva è sempre stata di tipo analogico. Solo negli ultimi anni si è resa possibile la diffusione numerica dei dati (Televideo) e prossimamente dell'audio (Radiofonia da satellite). Attualmente è in studio la possibilità di rendere numerico anche il segnale video. Il Centro Ricerche della RAI, in collaborazione con l'Industria Nazionale, si è posto all'avanguardia mondiale in questo campo di studi (v. articolo a pag. 3).

UNA COPIA L. 5000 (ESTERO L. 10000)
COPIA ARRETRATA L. 6000 (ESTERO L. 11000)
ABBONAMENTO ANNUALE L. 12000 (ESTERO L. 24000)
VERSAMENTI ALLA NUOVA ERI - VIA ARSENALE, 41 - TORINO - C.C.P. N. 26960104
SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE - GRUPPO IV/70
REG. ALLA CANCELLERIA DEL TRIBUNALE C. P. DI TORINO AL N. 494 IN DATA 6 11 1951

EDITORIALE

Accingendomi a prendere la Direzione di questa rivista mi auguro di poter continuare l'opera dei miei predecessori e di mantenere ad essa il carattere di rigore tecnico-scientifico che ha sin qui avuto.

Desidero qui ricordare l'opera attenta e scrupolosa del precedente Direttore, prof. Dilda, che ha curato con passione la rivista fin dalla sua fondazione, oltre quarant'anni fa, e ha dato ad essa un'impronta seria ed accurata. Egli sta attualmente provvedendo a trasferire la sua esperienza all'attuale redazione della rivista, contribuendo così a conservarne lo stile.

La rivista da questo numero assume periodicità quadrimestrale e pur rimanendo interessata a tutto l'ambito delle telecomunicazioni, sarà ancor più indirizzata verso le tecniche e le problematiche del mondo della diffusione radiofonica, televisiva e dei dati.

In questo senso ci è sembrato utile inserire una nuova rubrica sulle attività internazionali riguardanti la radiotelevisione.

Chiedo scusa per il ritardo con cui viene pubblicato il presente numero della rivista, speriamo di poter recuperare rapidamente il tempo perduto.

ROLANDO SALVADORINI

LA RADIODIFFUSIONE: I NUOVI SERVIZI

R. SALVADORINI*

SOMMARIO — Le reti di radiodiffusione sono state per molti anni unicamente i mezzi di trasporto del segnale radiofonico e del segnale televisivo. Attualmente le reti di diffusione sono in espansione rapida sia come mezzi di trasporto, tipico esempio è la diffusione da satellite, sia come contenuto, tipici esempi sono i servizi di telematica radiodiffusa associati ai segnali radiofonici e televisivi. Il presente articolo vuol fare una breve sintesi dei nuovi servizi in studio attualmente presso il Centro Ricerche della RAI. Si inizia dal Televideo, che è il primo dei nuovi servizi di telematica radiodiffusa ad essere entrato in servizio. Si passa poi agli altri: il Telesoftware, il Radiosoftware, il Radiodata. Successivamente si esaminano brevemente i tre nuovi servizi di televisione con audio stereofonico o con doppio audio, la Radiofonia isofrequenza per autostrade e le Reti a Larga Banda. Successivamente si passa ai nuovi servizi di Radiofonia e di Televisione diretta da satellite, alla Televisione a qualità migliorata e infine alla Televisione ad Alta Definizione. Per una approfondita trattazione degli argomenti si rinvia ai vari articoli già trattati da questa stessa rivista od in corso di prossima pubblicazione.

*SUMMARY — **BROADCASTING: the new services.** For many years the broadcasting networks were the only transport means both for sound and video signals. At present, the broadcasting networks are quickly developing both as transport means, typical example is the satellite broadcasting, and as contents, typical examples are the data broadcasting services associated with radiophonic and television channels. This article intends to make a short synthesis relevant to the new services currently under study at the RAI Research Centre. It starts with Televideo, which is the first of the new data transmission services to be put into operation. Hence, it deals with Telesoftware, Radiosoftware, and Radiodata. Subsequently, three new services are briefly examined: television with stereophonic sound or with double sound; isofrequency Radiophony for highways and Large Band Networks. Finally, the article considers the new services for Direct Satellite Broadcasting (Radiophony and Television), the improved-quality Television and the High-Definition Television. A deeper information of these arguments may be found in the various articles, already issued.*

1. Introduzione

La RAI nello svolgimento del suo ruolo fondamentale di servizio pubblico radiotelevisivo, dedica particolare attenzione allo sfruttamento delle possibilità offerte dalle nuove tecnologie affinché tale servizio pubblico sia completo e tecnicamente sempre aggiornato mediante l'introduzione di nuovi servizi di pubblica utilità.

Le ricerche sono per lo più inquadrate in un contesto internazionale, con gli organismi CCIR (Comitato Consultivo Internazionale di Radiodiffusione), IEC (Commissione Internazionale di Elettronica), EUREKA (programmi di ricerca europei) e soprattutto nell'ambito dell'Unione Europea di Radiodiffusione (UER) ai cui Gruppi di Lavoro i ricercatori del Centro Ricerche RAI portano i loro contributi.

Faremo solo una breve sintesi delle ricerche sui Nuovi Servizi che sono attualmente allo studio. Essi sono:

- Televideo
- Telesoftware
- Radiosoftware
- Radiodata
- Televisione con audio stereofonico o con doppio audio
- Radiofonia isofrequenza per autostrade
- Reti a Larga Banda in fibra ottica
- Diffusione diretta da satellite radiofonia e TV
- Televisione a qualità migliorata MAC
- Televisione ad alta definizione NHK, EUREKA, NUMERICA.

I primi quattro nuovi servizi sono di telematica radiodiffusa.

1. Televideo

Il Televideo, nome dato al servizio Teletext effettuato in Italia dalla RAI, è stato il primo dei nuovi servizi di telematica radiodiffusa ad entrare in esercizio, ma devono essere svolte ancora ricerche per sfruttare molte nuove possibilità.

Il Centro Ricerche ha studiato per più anni i vari sistemi in competizione, ha eseguito prove di laboratorio e campagne di misure in area per la migliore scelta del sistema, il tutto con il coordinamento del Ministero P.T. Dopo una prima sperimentazione con apparati di generazione a piccola capacità (massima 100 pagine), si è passati alla redazione odierna con maggiore capacità.

È in fase di collaudo e messa a punto un nuovo sistema composto da 8 calcolatori che ha la capacità di generare tre programmi differenziati sulle tre reti TV.

Attualmente il Televideo ha un numero di indirizzi, di circa 300, identificabili formando un numero di tre cifre sul telecomando del televisore, ma ha un numero di pagine assai maggiore, circa 800; per ogni indirizzo si ha una pagina che può cambiare contenuto, con i tempi necessari alla lettura della pagina, e quin-

(*) Ing. Rolando Salvadorini, Direttore del Centro Ricerche RAI-Torino. Dattiloscritto pervenuto alla redazione il 16 giugno 1988.

Monoscopio Televideo. Comprende tutti i caratteri usati. Nella prima riga di tutte le pagine è indicato il numero della pagina, la data e l'ora esatta sincronizzata col segnale dell'ora ufficiale proveniente dall'Istituto Elettronico Nazionale Galileo Ferraris.

505 505 RAI Gio 05 Mag 12:14:25
DURANTE Borsa di MILANO 1/4
5 maggio ore 12:10

	min.	max.	chiu.
Iniziativa Meta	9750	9930	9850
Ras	42200	42800	42400
Montedison	1545	1585	1553
Burgo Ord	12680	12800	12680
Sip	2120	2140	
Olivetti Ord	9930	10300	9980
Pirelli Spa	2810	2850	2825
Fiat	9135	9240	9150
Ferruzzi Agr Fin	1460	1485	1474
Fiat Priv	5620	5710	5615
Gemina	1235	1250	
Buitoni	8900	8950	8825
Cir	5610	5650	5632

borsa-cambi 500
P505

Servizio «Durante» della Borsa Valori di Milano. Contiene i valori minimi, massimi e di chiusura delle quotazioni dei principali titoli azionari, aggiornati in tempo reale durante la seduta.

di è come sfogliare un libro con un numero di pagine che attualmente è limitato a 99 per ciascun indirizzo. Quindi il numero delle pagine può essere molto maggiore rispetto al numero degli indirizzi.

Pagine tipiche sono «L'ultima ora», «Notizie oggi», i sottotitoli per i non udenti, la Borsa - di cui recentemente è stato inaugurato un nuovo servizio, il cosiddetto «Durante»: vengono mostrate dalle 10 del mattino tutte le variazioni dovute alle contrattazioni in tempo reale dei principali titoli della Borsa di Milano, che possono quindi essere seguite direttamente da chiunque in tutta Italia. Il contenuto si arricchisce ogni giorno; per esempio, durante le corse automobilistiche di Formula 1, il Televideo mostra dettagli della pista e della posizione delle macchine e tante altre notizie.

Il tempo di ciclo del Televideo è circa di 15 secondi, quindi un tempo medio d'accesso di 7 secondi e mezzo; ma con i decoder più moderni che possono immagazzinare varie pagine, il tempo di attesa è solo iniziale, dopodiché le altre pagine vengono visualizzate istantaneamente. Sono in progetto decoder che possono memorizzare tutte le pagine del Televideo.

I ricevitori televisivi muniti di Televideo sono stimati attualmente a circa 2.000.000. È stato uno sviluppo molto rapido, e si pensa che questa rapidità di sviluppo verrà mantenuta anche in avvenire. Infatti, il costo in più all'acquisto del televisore con Televideo attualmente si aggira sull'8-10% del costo del televisore, e diminuirà ulteriormente. Si ritiene che fra un paio d'anni i nuovi televisori avranno tutti incorporato il Televideo e non meriterà più la produzione differenziata di apparecchi senza o con Televideo. Il decodificatore è una piastrina che verrà messa su tutti i televisori. Il costo per l'utente, a parte questa lieve maggiorazione del prezzo d'acquisto, è zero.

Molto importanti sono i collegamenti automatici con i fornitori d'informazione. Per esempio, la Soc. Autostrade è collegata in modo automatico con il Televideo che dà la situazione, in tempo reale, delle principali autostrade. Altri collegamenti automatici sono in funzione con l'Istituto Nazionale di Geofisica per le notizie sugli eventi sismici e con il Messaggero di S. Antonio per notizie di carattere religioso.

Di prossima realizzazione sono quelli con le Ferrovie dello Stato, per tutti gli aggiornamenti sul traffico dei treni (soppressione, ritardi, ecc.); la situazione degli aeroporti, con il fine di avere in tempo reale un duplicato del tabellone dell'aeroporto, con relative situazioni di cancellazioni di voli, ritardi, ecc.

Altro servizio in sperimentazione è per l'Agip, con le informazioni per tutte le strade, che saranno visualizzate, presso 450 stazioni di servizio, su grandi schermi (formati da 4 cinescopi da 28 pollici affiancati). Le informazioni saranno differenziate per aree geografiche.

Di prossima attuazione sarà un collegamento automatico con il servizio Metereologico dell'Aeronautica Militare per trasmettere in tempo reale i dati sulle osservazioni del tempo sia in Italia che all'estero. Il servizio seguirà inoltre le previsioni del tempo generate dal sistema ARGO. Il vantaggio della diffusione mediante Televideo è evidente se si pensa che con questo mezzo i dati pervengono agli utenti nel giro di pochi minuti. Sono inoltre previsti vari altri servizi.

È allo studio la differenziazione del Televideo sulle due reti nazionali con relativo aumento della capacità. Ma ci sono anche vari problemi. Attualmente chi non riceve perfettamente su una rete, può sopperire sintonizzandosi sull'altra rete. Viceversa, quando i programmi saranno differenziati ci potranno essere difficoltà di ricezione. Questo è specialmente dovuto agli impianti centralizzati d'antenna, che, come è noto sono, in Italia, i più complicati del mondo. Ricevono un numero grande di stazioni, aggiunte successivamente, sono realizzati sovente non secondo le norme CEI e quindi possono determinare problemi di ricezione.

Il Centro Ricerche svolge una notevole attività per migliorare la situazione in questo campo. Ha coordinato una campagna di misure svolte in tutte le regioni, ha realizzato una serie di tre audiovisivi sui problemi della ricezione del televideo ed ha collaborato ai corsi organizzati per gli installatori di impianti centralizzati d'antenna.

Sono allo studio i Televideo regionali che possono essere attuati in due modi: o programmi regionali effettivamente generati nella regione; oppure programmi originati centralmente a Roma, dedicando un certo numero di pagine per ogni regione. Quest'ultimo ovviamente è più facilmente fattibile, più economico; l'altro assai più complesso e costoso.

Televideo aiuta gli handicappati. Per i non udenti, mediante la pagina 777 presenta i sottotitoli alle trasmissioni TV (in genere film) per un numero di ore già considerevole per ogni settimana. Ovviamente il grande vantaggio del Televideo è che questi sottotitoli compaiono solo a chi li vuol vedere, e non disturbano tutta la generalità degli utenti come accadrebbe se fossero invece inseriti direttamente sul programma.

Sono allo studio anche i sottotitoli in tempo reale, cioè nelle trasmissioni in diretta. Ad esempio, per il telegiornale, sempre per i non-udenti.

Altra applicazione è quella dei sottotitoli in lingua straniera, molto utili ad esempio in estate quando ci sono molti turisti stranieri.

Per i non vedenti è stato realizzato nel Centro Ricerche un decodificatore a 20 caratteri Braille, e un ultimo prototipo a 40 caratteri, con cui il non vedente seleziona la pagina con speciali pulsanti, e poi, passando le dita sui sensori-Braille riesce a leggere la riga scritta del Televideo. Arrivato in fondo alla riga, premendo un pulsante, passa alla riga successiva. Questi sensori-Braille sono muniti di pernetti del diametro di circa un millimetro, che vengono spostati elettromagneticamente e realizzano al tatto, le sporgenze caratteristiche dell'alfabeto-Braille.

Decodificatore Televideo per non vedenti in caratteri «Braille». La scelta della pagina avviene con appositi tasti muniti di piccole sporgenze riproducenti i numeri in Braille. Successivamente la lettura avviene per passaggio con le dita su piccoli perni azionati elettromagneticamente, comandati da computer, riproducenti l'alfabeto Braille. A fine riga un pulsante consente di passare alla riga successiva. Il sistema è risultato di facile apprendimento per i non vedenti.

Questo decodificatore è stato dimostrato in varie occasioni e ha avuto un notevole successo: i non vedenti leggono velocemente e si abituano rapidamente. L'apparato andrebbe commercializzato, i problemi sono notevoli, perché è abbastanza costoso, specie la striscia Braille meccanicamente complessa. Comunque, dato il valore sociale del servizio, dovrebbero intervenire strutture pubbliche per supportare lo sviluppo industriale di questo decodificatore.

Un altro tipo di decodificatore televideo per non vedenti, sviluppato nel Centro Ricerche RAI, utilizzando il sintetizzatore vocale dell'IRDE di Firenze, è il decodificatore che traduce in voce ciò che è scritto nella pagina Televideo. Taluni non vedenti preferiscono il primo tipo, altri il secondo.

Si svolgono ricerche per sistemi Televideo di livello superiore. Nella grafica del Televideo l'elemento di definizione non è molto piccolo e pertanto il disegno rimane a quadrettatura; per renderlo più aderente all'originale, occorre rimpicciolire l'elemento video, ciò però richiede una maggiore capacità di trasmissione non facilmente ottenibile.

È allo studio l'introduzione del Televideo con commento audio; realizzato dal Centro Ricerche ormai da qualche anno, esso sarà molto utile per usi didattici (per esempio, un corso di lingua inglese non ha ovviamente senso se non c'è un commento audio). Anche questa applicazione richiede una capacità aggiuntiva e per il momento non viene trasmesso.

Nelle trasmissioni da satellite ci sarà maggior capacità trasmissiva disponibile e probabilmente sarà possibile inserire anche il commento audio.

Per un approfondimento del sistema Televideo (Teletext) v. Bibl. 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

2. Telesoftware

Il Telesoftware è un nuovo servizio per la diffusione di programmi per calcolatori elettronici.

La trasmissione avviene nel canale televisivo nell'ambito della trama Televideo. Esiste una collaborazione con l'Olivetti, che permetterà di diffondere nelle scuole l'informatica (sono previsti accordi con il Ministero della Pubblica Istruzione). Per quanto riguarda le scuole medie superiori, il calcolatore sarà di tipo «personal», per le scuole dell'obbligo sarà del tipo «home computer».

Sono iniziate trasmissioni di prova e prossimamente potrà partire un programma più sostanzioso. È necessaria un'interfaccia tra il televisore munito di presa «peritelevisione» e il calcolatore; oppure, mediante un'interfaccia più complessa munita di sintonizzatore, essa potrà ricevere direttamente dall'irradiato i vari programmi e collegarsi direttamente al calcolatore.

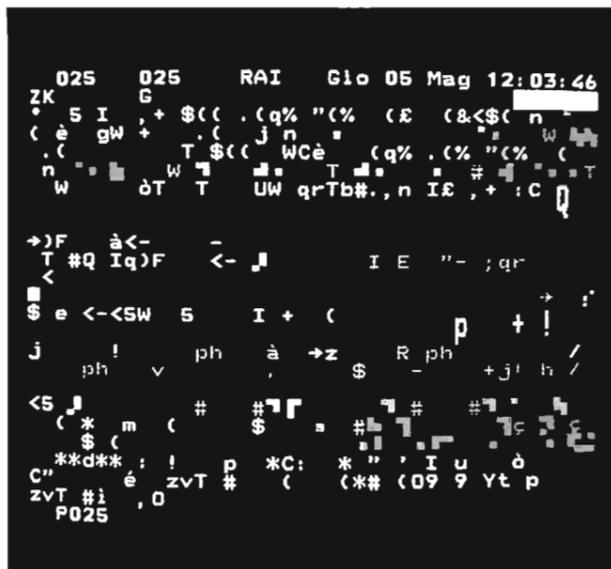
LA RADIODIFFUSIONE: I NUOVI SERVIZI

Indice Telesoftware. Primi esperimenti di trasmissione di programmi per computer.

Queste interfacce sono studiate in collaborazione con l'Olivetti.

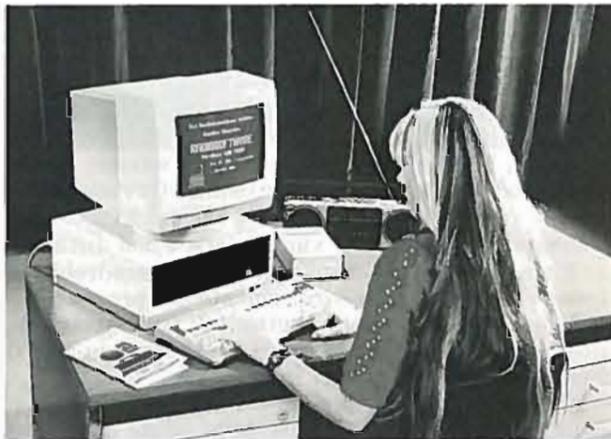
Sono anche in studio da parte dell'industria, televisori che potranno connettersi al calcolatore, via presa peritelevisione senza necessità di alcuna interfaccia.

È allo studio un nuovo sistema di diffusione di dati con struttura derivata dal Televideo, denominato «Datavideo», derivato dal sistema Datacast della BBC, che permetterà fino a 16 servizi contemporaneamente.

Anche in questo campo l'introduzione della diffusione da satellite aprirà notevoli possibilità; la capacità disponibile dipenderà dal tipo di standard televisivo che verrà usato.

Pagina codificata Telesoftware. I dati non sono direttamente intelligibili dagli utenti, ma vengono decifrati da un computer appositamente programmato.

3. Radiosoftware

Il Radiosoftware è un nuovo servizio anch'esso per la diffusione di programmi per calcolatori domestici, mediante i canali radiofonici. La terza rete radiofonica ha già fatto degli esperimenti. In particolare è stata realizzata una sperimentazione con 60 scuole a ognuna delle quali è stata inviata un'interfaccia, progettata dal Centro Ricerche, che deve essere posta tra l'apparecchio radio e il calcolatore.

Il Radiosoftware sarà un grande ausilio alla didattica per l'informatica oltre che per uso generale (programmi di utilità familiare, giochi, ecc.).

Sistema ricevente per Radiosoftware. Sono visibili il normale ricevitore radio munito di registratore, l'interfaccia di utente ed il computer. L'interfaccia può essere opportunamente inglobata nel computer.

Un'altra possibilità di trasmissione del Radiosoftware è l'uso del secondo canale audio della televisione stereofonica - quando non è usato, per i programmi stereofonici. Si può usare anche il canale del Radiodata, ma la capacità è molto limitata. Grandi possibilità si apriranno con la diffusione da satellite, dove le capacità saranno molto maggiori.

Il Centro Ricerche ha fatto una proposta di normalizzazione tecnica che è stata ora presentata agli organismi internazionali (CCIR). Il sistema ha una velocità di 4800 bit/s e modulazione bifase.

L'interfaccia necessaria tra apparecchio radio e calcolatore è molto economica e versatile - cioè valida per vari tipi di calcolatori. In taluni calcolatori, per esempio l'Olivetti M24 e M28 può essere costituita da una schedina inserita all'interno del calcolatore.

Per una descrizione dettagliata del sistema Radiosoftware si rimanda alla bibl. 7 e 8.

4. Radiodata

È un nuovo servizio di telematica radiodiffusa che inizierà la sperimentazione prossimamente. Attualmente sono in corso ricerche tecniche con i trasmettitori di Torino, Roma e M. Penice.

Mediante una sottoportante numerica con frequenza di 57 kHz, inserita in radiofonia a modulazione di

frequenza (non è possibile nella radiofonia in onde medie a modulazione di ampiezza) vengono trasmesse informazioni ausiliarie. Esso è perfettamente compatibile anche con le trasmissioni stereofoniche.

Il Radiodata produrrà una nuova generazione di ricevitori radiofonici sia per gli usi domestici, sia per autoradio. Le nuove possibilità sono:

- La sintonia automatica con l'indicazione della stazione e della rete selezionata (per esempio viene scritto su un visore: «RAI 1 TO»).
- La scelta automatica del tipo di programma. Si potrà scegliere musica leggera, notizie, musica sinfonica ecc.; l'apparecchio cercherà, in modo automatico, i concerti, i giornali radio e così via.
- L'avvio e l'arresto automatico di registratori. Anche oggi esistono già taluni registratori a «tempo» ma le trasmissioni non sono mai esattamente temporizzate, specialmente per la durata dei giornali radio ecc. Nel nostro caso invece il registratore si avvia e si spegne esattamente all'inizio e alla fine del programma prescelto. Questo tipo di servizio verrà fatto, in altro modo, anche per la televisione.
- Visualizzazione su un display di un testo di qualche riga di notizie addizionali, per esempio informazioni sul programma: durante un concerto verrà scritto il titolo, il nome del brano, il direttore d'orchestra e così via. Oppure possono essere notizie completamente incorrelate al programma, per esempio se c'è una notizia molto importante da comunicare a tutti, si può mantenerla fissa sul display. In sostanza, l'apparecchio radio del futuro non sarà solo da ascoltare, ma anche da leggere. Questa è la nuova generazione delle radio domestiche.

Ma anche per l'autoradio ci sarà una nuova generazione che permetterà oltre la sintonia automatica e la scelta automatica del programma, la ricezione continua durante il viaggio in auto del programma prescelto. Attualmente esistono dei ricevitori autoradio che quando il segnale diventa debole si sintonizzano automaticamente sulla stazione più forte, la quale però ha in genere un altro programma. Mentre nel nostro caso, prescelto il programma, se viaggiando, l'intensità del segnale si indebolisce, l'autoradio si sintonizza automaticamente su un segnale più forte, ma dello stesso programma, che potrà essere, il programma che contiene le notizie per gli automobilisti o qualsiasi altro. Inoltre anche se l'autoradio è predisposta per l'ascolto di musica registrata - come spesso avviene in auto - quando arriva il comunicato sul traffico, esso si commuterà automaticamente per l'ascolto del comunicato e dopo si riporterà nella condizione iniziale.

Attualmente durante il comunicato sul traffico viene interrotto il programma; si ritiene inoltre che per essere efficaci i notiziari sul traffico debbano essere frequenti e soprattutto locali. In questo modo l'ascolto non in auto di questo programma viene molto danneggiato a causa delle troppo frequenti interruzioni. Un sistema per evitarle è di trasmettere i comunicati sul traffico direttamente sulla sottoportante del Radiodata, senza interrompere il programma principale. Questa sottoportante non ha però la capacità sufficiente per portare la parola - ha una capacità di 1200 bit al secondo - ma si possono eccitare dei sintetizzatori di voce, anche multilingue, in maniera da trasformare in parola dei codici trasmessi sulla sottoportante.

Al Centro Ricerche RAI si fanno ricerche da tempo in questo senso.

Per ulteriori informazioni si rinvia alla bibl. 9.

5. Televisione con audio stereofonico o con doppio audio

La televisione stereofonica è ormai iniziata, anche se sono state realizzate finora poche trasmissioni. Comunque l'ANIE (Associazione Industrie Elettrotecniche ed Elettroniche) afferma che le vendite dei televisori stereo sono notevoli. Questo sembrerà strano a prima vista, ma forse non lo è. Finora i televisori, in genere, avevano un audio pochissimo curato, di scarsa qualità. Il televisore stereofonico ha un audio di buona qualità e quindi questo è già un vantaggio in attesa che le trasmissioni stereofoniche divengano più frequenti e regolari. La larghezza del televisore, che determina la distanza tra i due altoparlanti e quindi la base stereofonica, non è molto grande, e l'effetto stereofonico può non essere molto sentito. D'altra parte il televisore ha anche una presa di uscita dei due canali audio che può essere connessa all'impianto-HiFi, che è ormai abbastanza diffuso nelle abitazioni.

Altro nuovo prossimo servizio è la televisione con due audio indipendenti e commutabili. La stereofonia ha i due canali combinati, mentre in questo caso i due canali possono essere usati per due audio completamente indipendenti. Applicazione tipica è quella della trasmissione dei film stranieri con audio, oltre che in italiano, anche in lingua originale.

Attualmente non c'è l'autorizzazione a trasmettere con due segnali audio indipendenti, perché ci sono alcuni problemi sulla compatibilità di taluni televisori di vecchio tipo. Mentre per i televisori stereofonici la compatibilità fra i due segnali audio è totale, sono tuttora in servizio un 7±8% di televisori di vecchio modello che risultano disturbati dalla presenza contemporanea di due segnali audio indipendenti; perciò ci vorrà ancora un pò di tempo per poter effettuare questo servizio: fino a quando questi vecchi televisori non saranno completamente obsoleti e fuori servizio.

Il Centro Ricerche RAI ha svolto e continua a svolgere un nutrito impegno di ricerche per questo nuovo servizio: ha svolto, nell'ambito della Commissione del Ministero PT, le campagne di indagine sulla compatibilità e validità del sistema. Ha progettato e realizzato i prototipi di tutti gli apparati necessari al passaggio dalla monofonia alla stereofonia degli impianti trasmittenti (codificatori, combinatori multiplex stereo, ecc.); successivamente riprodotti dall'industria.

Quando cominceranno le trasmissioni TV stereofoniche regolari? Per chi possiede un singolo studio e relativo trasmettitore, basta modificare o acquistare il nuovo trasmettitore. La RAI ha centinaia di impianti, tutti da modificare o rinnovare, e pertanto il problema è assai più complesso; comunque si lavora intensamente.

Occorre inoltre modificare anche gli impianti di ripresa per l'audio per le trasmissioni da studio.

Il sistema stereofonico è a due portanti; l'audio normale è diminuito di potenza di tre decibel (da -10 rispetto al picco dei sincronismi della portante video, si è passati a -13 dB) e il secondo audio è inserito ad una frequenza di 250 kHz maggiore di quella dell'audio principale e con una potenza più ridotta (-20 dB rispetto al picco dei sincronismi video). La seconda portante ha una sottoportante d'identificazione per comunicare al ricevitore il tipo di trasmissione: mono, stereo, due suoni indipendenti o dati.

La trasmissione dati infatti è un'altra possibilità di questo ulteriore canale nelle ore in cui le trasmissioni TV non sono stereofoniche come abbiamo già detto in occasione del Radiosoftware.

La stereofonia in televisione è leggermente diversa da quella della radiofonia. Sulla portante principale viene trasmesso, come in radiofonia, il segnale somma dei due canali, destro (A) e sinistro, (B), cioè il segnale (A+B); questo è necessario per la compatibilità, per poter ricevere normalmente con i normali televisori non stereo. Sulla seconda portante in radiofonia si trasmette la differenza dei due segnali (A-B), in televisione invece sulla seconda portante si trasmette il canale B. Ovviamente, in ricezione c'è un processamento inverso in cui si separano nuovamente canale destro e canale sinistro, cioè l'A e B, da inviare ai rispettivi altoparlanti. Questo sistema permette, in televisione, un migliore bilanciamento del rumore di fondo sui due canali A e B.

6. Radiofonia isofrequenza per autostrade

Attualmente la copertura radiofonica della rete autostradale è scarsa. Il nuovo servizio consiste nel servire tutta la rete con un'unica frequenza, con tanti piccoli trasmettitori; quindi con ricezione continua senza mai dover variare la sintonia dell'apparecchio radio.

L'uso di un'unica frequenza, (è proposta la frequenza di 103,3 MHz), pone seri problemi nelle zone di ricezione comune a due trasmettitori: infatti si hanno forti interferenze e distorsioni.

È stata studiata e brevettata dal Centro Ricerche una soluzione originale in cui il segnale a radiofrequenza modulato viene inviato in una fibra ottica posta lungo l'autostrada; tale segnale viene prelevato in punti opportunamente distanziati per alimentare i trasmettitori radio a MF tutti sulla stessa frequenza. Le forti distorsioni tipiche della ricezione con più segnali alla stessa frequenza sono minimizzate dalla perfetta identità di frequenza dei segnali; la fase relativa viene inoltre controllata per mezzo di linee di ritardo numeriche poste nei punti di prelievo del segnale dalla fibra ottica. In questo modo, ed inoltre usando antenne con particolari diagrammi di direttività, la zona di confusione di ricezione con più segnali è praticamente quasi impercettibile.

Il sistema è a copertura totale anche nelle gallerie dove dei cavi speciali permettono una certa irradiazione. In sostanza, quando sarà completo, potremo avere un'informazione continua per tutta l'autostrada.

È iniziata una sperimentazione sulla autostrada Firenze - Bologna, in collaborazione con la Società Autostrade: sono in funzione i primi otto impianti e il tutto funziona come programmato.

Servizio isofrequenza per autostrade. Esso permette la ricezione continuativa, anche all'interno delle gallerie, su una stessa frequenza (103,3 MHz), quindi senza intervento sulla sintonia del ricevitore, di uno speciale programma in cui sono inseriti notiziari relativi alla situazione del tratto autostradale attraversato.

È previsto un programma radiofonico speciale musicale in cui vengono inseriti giornali radio, comunicati sul traffico e soprattutto comunicati locali relativi al tratto attraversato della Società Autostrade e della Polizia stradale.

La maggiore difficoltà tecnica che si deve superare è l'interferenza delle stazioni private. Non esiste nessuna frequenza libera, se non per pochi chilometri, che possa essere usata. Per un servizio così importante per la sicurezza dei viaggi (indicazione sollecita di banchi di nebbia, di incidenti stradali ecc.) occorre che le autorità competenti (Ministero P.T. oppure il Ministero per la Protezione Civile) provvedano in merito a tutela della vita umana.

La mancanza di ogni regolamentazione in materia radiotelevisiva è giunta al punto da rendere impossibile la realizzazione di un nuovo servizio molto importante per la sicurezza dei viaggi.

7. Reti a larga banda in fibra ottica

Le reti di CATV in cavo coassiale sono ormai tecnicamente sorpassate poiché consentono larghezze di banda troppo piccole, sono ingombranti e seppelliscono rame. Le fibre ottiche consentono larghezza di bande enormi ed, in prospettiva, saranno anche più economiche. Le reti integrate a larga banda in fibra ottica consentiranno di portare all'utente molti servizi: oltre al telefono, telex, videotel, anche videotelefono, videoconferenza, Televideo, televisione con più programmi contemporaneamente. Di questi ultimi si avranno, oltre ai normali programmi di tipo diffusivo, anche programmi a pagamento, programmi a richiesta (da videoteche), programmi interattivi da videodischi, programmi a partecipazione diretta.

Quest'ultimi sono programmi televisivi in cui l'utente risponde mediante pochi bit di ritorno a domande poste dal conduttore del programma. Le risposte

Sistema ricevente da satellite per la Stazione di Testa dell'isola ottica della Fiera di Milano. La RAI in questa occasione ha fornito 21 programmi: 8 diffusivi terrestri, 7 da satellite e 6 interattivi da videodischi.

(che possono essere del tipo: si oppure no o un voto da 1 a 10) confluiscono tutte ad un tabellone gestito dal calcolatore, posto nello studio TV dove si forma il programma.

Anche i programmi televisivi da satellite possono essere ricevuti ed inseriti nella fibra ottica anziché essere ricevuti dai singoli utenti o da gruppi di utenti (impianti condominiali).

Una prima sperimentazione si è svolta a Milano (isola ottica della Fiera) nel 1985. La RAI ha fornito 21 programmi: di cui 8 diffusivi terrestri, 7 da satelliti e 6 interattivi da videodischi.

La prossima sperimentazione avverrà a Roma (isola ottica di Roma - EUR) prevista per l'anno 1989. Si tratterà di una sperimentazione molto contenuta come numero di utenze, ma molto avanzata tecnologicamente: sarà completamente numerica, il segnale video sarà codificato a 34 Mb/s e sarà in pratica un laboratorio aperto a tutte le nuove tecnologie, come l'HDTV, che verranno introdotte man mano che saranno maturate.

Di caratteristiche opposte all'isola ottica dell'EUR è invece il progetto «Lombardia cablata» che rimarrà ancora analogico, ma con una notevole estensione e con un grande numero di utenze.

Il Centro Ricerche RAI contribuisce all'isola ottica dell'EUR, con ricerche sulla decodifica PAL di alta qualità, sul coder analogico-numerico e sulla riduzione delle ridondanze per comprimere il flusso televisivo da 216 Mb/s di origine a 34 Mb/s.

In ogni caso tutti questi esperimenti, come anche gli analoghi all'estero, sono irrisori come percentuale di utenza radiotelevisiva allacciata. A causa dei costi enormi che comportano migliaia di miliardi solo per l'utenza urbana, una consistente percentuale di utenza allacciata alle reti a larga banda in fibra ottica si avrà solo nel secolo prossimo.

Per ulteriori informazioni si rimanda alla Bibl. 11.

8. Diffusione diretta da satellite

Da anni i satelliti sono entrati nelle trasmissioni televisive, con collegamenti quotidiani da punti lontanissimi. Questi sono però collegamenti «punto a punto» ricevuti con antenne molto grandi e inseriti nella normale rete televisiva (collegamenti di contributo).

Prossimamente invece l'utente potrà ricevere il segnale direttamente dal satellite.

L'orbita deve essere geostazionaria, ovvero l'utente deve vedere il satellite fermo, fisso in un punto. Per realizzare questa condizione occorre che il satellite sia posto nel piano equatoriale terrestre, ad un'altezza tale da compiere un giro esattamente in 24 ore come la terra e ovviamente nello stesso verso. Queste condizioni sono realizzate dal satellite esclusivamente con un'orbita posta ad un'altezza di circa 36 000 km dalla superficie terrestre.

Quindi questa è un'orbita preferenziale di enorme importanza, perché l'antenna ricevente può essere tenuta fissa senza dover inseguire il movimento del satellite, operazione estremamente complicata e costosa. Questa orbita unica geostazionaria è molto preziosa per tutti i Paesi, è un bene comune di tutta l'umanità ed è pianificata e regolamentata in modo rigoroso da conferenze internazionali (la prossima riunione ORB88, si effettuerà nel corrente anno 1988).

L'antenna ricevente sarà di tipo parabolico con diametro compreso da 50 a 90 cm. All'antenna è connesso il convertitore («unità esterna») che converte il segnale da 12000 MHz a circa 1000 MHz per essere distribuito all'interno dell'edificio; esso raggiunge il televisore attraverso un'«unità interna», che adatta le caratteristiche del segnale del satellite a quelle del televisore. Infatti il segnale da satellite è modulato di frequenza e il televisore riceve solo segnali modulati d'ampiezza ed anche le frequenze sono diverse.

I televisori moderni, forniti di presa di peritelevisione, o presa SCART, hanno un grosso vantaggio: il segnale video può entrare nel televisore in banda base, ed essere direttamente applicato al cinescopio senza dover passare per tutti i circuiti a radiofrequenza del televisore, ottenendo una economia e una qualità migliore.

Questo vantaggio è ancora maggiore nel caso che la televisione da satellite venga irradiata secondo uno standard diverso da quello usato nell'attuale televisione terrestre. Infatti in questo caso l'impiego del vecchio televisore, senza presa di peritelevisione, non solo perde tutti i miglioramenti di qualità dell'eventuale nuovo standard, ma necessita per ricevere, oltre al decodificatore del nuovo standard, anche un codificatore PAL e modulatore RF. D'altra parte la presa di peritelevisione permette al televisore di non diventare obsoleto con l'introduzione dei vari nuovi servizi: accoppiamento al computer, videodischi, oltre alla ricezione da satellite; permette inoltre la migliore qualità.

La conferenza internazionale del 1977 (WARC '77) ha pianificato 5 canali da satelliti per ogni nazione europea grande o piccola. La diffusione da satellite permetterà di servire l'intera nazione, anzi anche assai ol-

Prototipo di antenna ricevente da utente per la diffusione diretta da satellite, realizzata dal Centro Ricerche RAI. Ha un diametro di 90 cm, ma è possibile ridurlo a 60 cm. Può essere posizionata ovunque (sul balcone, sul tetto, nel cortile) purchè sia libera la direzione, con una elevazione per l'Italia compresa tra 28° (Trieste) e 36° (Pantelleria) e con azimut compreso tra 214° (Aosta) e 228° (Cosenza), cioè circa Sud-Sud Ovest.

tre i suoi confini poichè dal 1977, quando è stata fatta la pianificazione, ad oggi la tecnica dei ricevitori è molto migliorata per cui è possibile ricevere, con la stessa potenza a bordo del satellite, anche a distanze assai maggiori.

Anche se non mancheranno problemi di ricezione in città a causa di eventuale non visibilità del satellite in direzione sud-ovest con una elevazione di circa 30°, per effetto di edifici alti vicini, la possibilità di ricevere anche nei più sperduti paesini permette di sopperire ad una carenza altrimenti quasi irrimediabile: per passare, per esempio, dal 99,5% della popolazione servita al 100% occorrerebbero, con le reti terrestri, molte migliaia di piccoli ripetitori. Il satellite invece ha una copertura totale.

Il Centro Ricerche ha sviluppato un prototipo di ricevitore da satellite, non ottimizzato economicamente, che ci permette però di studiare tutti i parametri e può essere molto utile anche per l'industria nazionale. Attualmente è in corso, in unione con l'industria, un programma di semindustrializzazione del progetto.

All'inizio del 1989 sarà lanciato il satellite Olimpus che avrà un canale per la televisione diretta per l'Italia. È un satellite molto grande, con notevole potenza a bordo al fine di rendere le antenne riceventi piccole (ordine dei 60 cm di diametro) e quindi economiche e di facile montaggio. È infatti logico aumentare la potenza in trasmissione per rendere più economici i ricevitori dato il loro grandissimo numero presunto.

La diffusione da satellite non è solo televisiva, ma è anche radiofonica. La radiofonia sarà totalmente numerica, con copertura totale di alta qualità garantita dalle nuove tecnologie numeriche in generazione, trasmissione e ricezione. Un canale da satellite potrà portare un notevole numero di programmi - per esempio un sistema studiato in Germania porta 16 canali stereo o 32 canali monofonici.

Per ulteriori informazioni si rinvia alla Bibl. 12, 13 e 14.

9. Televisione a qualità migliorata

Dopo la pianificazione (1977) dei canali da satellite è stata verificata la possibilità di ottenere una qualità televisiva migliore. Questo è dovuto a due fattori: da un lato la maggiore capacità dei canali da satellite permette di portare all'utente una maggiore quantità di informazioni rispetto alle trasmissioni terrestri, dall'altro l'introduzione di una normativa per l'uso di segnali video numerici negli studi di ripresa televisiva permette di avere, in generazione una qualità dell'immagine migliore (Standard numerico 4:2:2).

Sono stati studiati, in sede UER, vari metodi che si sono concretizzati nel sistema MAC (Multiplexed Analogue Component). Esso si basa sul principio della compressione dei segnali e soprattutto nella separazione a divisione di tempo delle varie componenti del segnale video.

Il sistema MAC ha una qualità giudicata 0,55 gradi di qualità migliore del PAL (Doc. UER-V12065); questi gradi sono in scala CCIR, a 5 gradini. Non è molto, in compenso permette di trasmettere più segnali audio, fino ad 8 canali numerici.

Per l'audio a causa di moltissimi problemi si sono avute molte soluzioni contraddistinte da diverse lettere; i più importanti sono: MAC-C, D, D2. Essi hanno la capacità massima di 8 canali audio eccetto il tipo D2 che ha la capacità massima di 4 canali audio. Due canali audio occorrono per avere il suono stereofonico, gli altri possono servire per usi multilingue: possono servire anche per la radiofonia, senza la necessità di avere un canale da satellite dedicato alla radiofonia, oppure per un servizio teletext (televideo) potenziato.

La perdita della capacità di 4 canali audio del sistema MAC-D2 rispetto al MAC-D rappresenta una perdita secca notevole.

Non si capisce come Francia e Germania Federale si accingano ad irradiare il MAC-D2 da satellite con la sola motivazione di voler usare le reti via cavo (CATV) con qualità non inferiore a quella ricevuta direttamente dal satellite. Tutto questo compromette, fra l'altro, il principio dello standard unico europeo poiché gli inglesi e di Paesi nordici irradieranno un sistema a piena capacità.

Si noti bene che le reti di CATV cui si riferiscono sono quelle di tipo vecchio in cavo coassiale di rame e non le moderne reti in fibra ottica che non hanno queste limitazioni.

Ulteriori informazioni alla Bibl. 14, 15, 16, 17, 18 e 19.

10. Televisione ad alta definizione (HDTV)

a) HDTV - NHK - 60 Hz

I principali parametri dell'attuale televisione sono stati studiati e introdotti circa 40 anni fa. Le tecnologie moderne permettono ora sistemi televisivi avanzati, detti Televisione ad Alta Definizione, HDTV (High Definition Television) di qualità molto superiore.

Dal 1970 la NHK (Nippon Hoso Kiokay), la televisione pubblica giapponese, sta studiando un sistema con un numero di righe di 1125 (circa doppio degli attuali standard) interlacciate 2 a 1 con 60 trame al secondo. L'industria giapponese ha prodotto tutti gli apparati professionali relativi (telecamere, monitori, registratori video magnetici, proiettori su grande schermo, ecc.).

La radiodiffusione: i nuovi servizi

Studio allestito presso il Centro Ricerche RAI per le sperimentazioni del sistema di televisione ad alta definizione della NHK. È stato sperimentato sia lo standard di produzione che lo standard di diffusione (MUSE), nonché il convertitore HDTV/PAL e la conversione HDTV su pellicola per il film elettronico.

Sono ora allo studio i ricevitori per l'utente.

Caratteristiche peculiare, oltre la grande definizione è il diverso rapporto larghezza-altezza dell'immagine che è 5 a 3 anziché 4 a 3 dell'attuale immagine televisiva. Anzi recentemente il formato è stato allargato ancora portandolo a 5, 33 a 3 o meglio 16 a 9. Questa immagine più panoramica è molto gradevole specialmente per i grandi schermi previsti per la TV ad alta definizione.

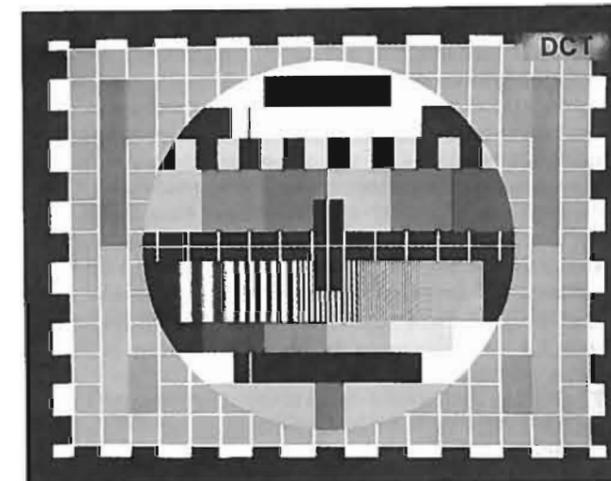
Il sistema permette anche la cinematografia elettronica. La RAI in questo campo è all'avanguardia mondiale avendo realizzato in elettronico e poi convertito su pellicola non solo brani sperimentali (Arlecchino ed Oniricon), ma anche un intero film da proiettare nelle sale cinematografiche (Giulia e Giulia).

Nella ripresa, cioè negli studi televisivi, il sistema è denominato «standard di produzione». Esso occupa uno spettro di frequenze assai grande la cui trasmissione all'utente è molto problematica.

LA NHK ha negli ultimi anni studiato il modo di comprimere il segnale di alta definizione dentro la larghezza del canale normalizzato da satellite. Questo sistema, detto «standard di trasmissione» è denominato MUSE (Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding), sfrutta efficacemente le ridondanze del segnale televisivo mediante memorie di quadro e compensatori di movimento riducendo la banda del segnale video a 8 MHz.

Il sistema MUSE è stato oggetto di ricerche di laboratorio e di una serie di dimostrazioni presso il Centro Ricerche RAI in collaborazione con la NHK nei mesi di marzo-aprile '86. È stato verificato che sulle immagini statiche il degrado introdotto dalla codifica MUSE è assai ridotto. Anche sulle immagini in movimento la resa è buona, sia con movimenti lenti che veloci. Solo su alcune immagini particolari si può notare qualche vistoso difetto.

La possibilità di comprimere un segnale HDTV in un singolo canale normalizzato da satellite è molto interessante, infatti fino ad allora si riteneva che occorressero due canali.

Per quanto riguarda le caratteristiche a radiofrequenza, i progettisti della NHK sono riusciti a ottenere risultati eccellenti: infatti, il comportamento del MUSE a bassi valori di C/N (rapporto portante/rumore) è almeno uguale a quello del MAC: conseguentemente l'estensione dell'area di servizio, per il MUSE, non sarebbe inferiore a quella per il MAC.

Immagini di televisione numerica codificate a circa 15 Mbit/s. Si può estrapolare corrispondentemente un flusso per l'HDTV numerica dell'ordine dei 70 Mbit/s.

Queste sperimentazioni hanno dimostrato inoltre il buon comportamento del convertitore HDTV-PAL (necessario per l'eventuale ritrasmissione di programmi HDTV sulle reti terrestri) e della trascrizione su pellicola, molto importante per la cinematografia elettronica.

b) HDTV Europea - 50 Hz - progetto EUREKA

L'Europa considerava la televisione ad alta definizione di attuazione assai lontana, verso fine secolo, sia

per il costo delle memorie di quadro sia per la difficoltà a realizzare i grandi schermi dei ricevitori necessari per apprezzare i vantaggi dell'alta definizione. E pertanto l'Europa ha sviluppato una TV a qualità migliorata (MAC) per superare il periodo dall'inizio della diffusione da satellite all'avvento dell'HDTV. Invece l'HDTV ha fatto progressi così rapidi che i due sistemi si vengono praticamente temporalmente a sovrapporre (il Giappone ha già iniziato qualche trasmissione di prova da satellite con l'HDTV).

L'Europa, per non rinnegare il MAC e soprattutto per ragioni industriali ha contrapposto il Progetto EUREKA (EU 95) il cui fine è di realizzare un sistema di HDTV completo entro il 1989, cioè entro l'attuale periodo di lavoro del CCIR.

Il progetto si basa sulla premessa di iniziare la diffusione da satellite col sistema MAC e successivamente, introdurre l'HDTV in modo che i ricevitori MAC possano continuare a ricevere il loro segnale (linea definita evolutiva in contrapposto al sistema NHK definito rivoluzionario). L'alta definizione così ottenuta, detta HDMAC, sarebbe quindi a 50 Hz e in trasmissione a 625 linee come il MAC e consentirebbe una compatibilità verso i futuri ricevitori MAC. Nella telecamera e nel televisore ad alta definizione le linee sarebbero invece 1250.

Il progetto si articola in 10 sottoprogetti; per l'Italia partecipano la RAI e varie industrie.

L'aumento di definizione orizzontale sarebbe ottenuto mediante l'intercalamento di più trame come nel MUSE, anche se in modo diverso e per le parti in movimento si è orientati verso una estesa applicazione della tecnica dei vettori di movimento impiegandone diversi anziché uno come nel MUSE.

L'aumento di definizione verticale è ancora più complesso poiché il numero di righe deve rimanere 625 per la compatibilità col MAC (anziché raddoppiare come nel sistema MUSE). Sono in discussione diversi metodi, con diverso processamento del segnale all'origine (nella ripresa con telecamere ad un numero doppio di righe e successivo filtraggio verticale) ed operazione inversa nel ricevitore.

In ricezione si dovrà provvedere con ogni probabilità anche a raddoppiare il numero di trame da 50 a 100 per eliminare lo sfarfallio (fliker) che è uno dei principali difetti dei sistemi a 50 trame interlacciate 2 a 1 (almeno finché non ci saranno gli schermi piatti a stato solido).

Tutto il progetto è complicato dal fatto che tutte le operazioni sul segnale non devono compromettere la qualità del segnale compatibile MAC.

Il progetto è in corso iniziale ed è prematura ogni previsione.

c) HDTV - Digitale o Numerica

Non si può terminare senza accennare ai progressi che si stanno facendo in campo numerico. Per le future reti a larga banda in fibra ottica e per i collegamenti tra gli studi di ripresa (reti di contributo), per le quali è prevista la trasmissione numerica, si stanno facendo intense ricerche per ridurre il flusso numerico a valori accettabili per la trasmissione.

Per la televisione normale numerica (standard 4:2:2) che comporta un flusso all'origine di 216 Mbit/s siamo vicini a ricondurla, per la trasmissione, ad un flusso di 34 Mbit/s.

Questo vale, a maggiore ragione, per la TV a standard PAL convertita in numerico.

Per la HDTV sono appena iniziati gli studi, ma c'è la convinzione di poter ricondurre l'enorme flusso di origine, di oltre 1000 Mbit/s, a circa 140 Mbit/s.

Queste forti riduzioni di flusso di trasmissione sono ottenute con le più moderne tecniche di riduzioni delle ridondanze, tra queste la codifica differenziale (DPCM) e specialmente la più recente e più promettente tecnica delle trasformate tipo coseno (DCT).

Viene spontaneo domandarsi quanto siamo ancora lontani dal poter trasmettere il segnale numerico anche in diffusione diretta da satellite. Per la diffusione all'utenza il segnale irradiato è sempre stato analogico. Solo negli ultimi anni si è pensato di diffondere l'audio come segnale numerico, per esempio nel sistema MAC. Oggi si intravede la possibilità di una diffusione numerica anche per il video ad l'alta definizione.

Per quest'ultima è stata proposta la gamma dei 20 GHz con canali più larghi: larghezza di 50-100 MHz ed oltre, rispetto ai 27 MHz dei canali normalizzati (WARC 77).

Se si pensa però a quanto rapidi sono stati i progressi nelle tecniche di riduzione delle ridondanze (solo pochi anni fà i valori ora raggiunti erano impensabili) si può ragionevolmente sperare ad ulteriori consistenti traguardi.

In questo campo il Centro Ricerche RAI in collaborazione con l'industria nazionale (Telettra) sta ottenendo risultati di primissimo piano nel contesto mondiale.

Se si considera la possibilità delle moderne tecniche di modulazione numerica, le prospettive future acquistano maggiore consistenza.

Lo scrivente è del parere che le prospettive per una diffusione totalmente numerica per la televisione ad alta definizione sono concrete e non lontane, probabilmente anche utilizzando gli attuali canali a 12 GHz.

d) Particolare situazione italiana

Per concludere non si può non fare cenno alla particolare situazione italiana. Negli altri principali Paesi europei dove sono diffusi 3-4 programmi televisivi, anche l'aumento di uno o due ulteriori programmi (da satellite) può costituire un sufficiente incentivo per l'utente ad attrezzarsi per ricevere il satellite; questo indipendentemente dallo standard che verrà usato. In Italia invece l'utente che già riceve 20-30 programmi televisivi ben difficilmente investirà per ricevere, tramite il satellite, uno o due programmi in più.

Per aver successo in Italia la diffusione da satellite deve dare qualcosa di diverso che non può che essere un sistema decisamente superiore. Il sistema MAC ha una qualità, stimata dall'UER, di 0,55 gradi di qualità CCIR migliore dell'attuale PAL. Vi sono molti dubbi che questo sia sufficiente per far scattare il meccanismo di incentivazione per l'utente come sopra detto.

La televisione ad alta definizione con la sua superba qualità, che con i grandi schermi in sviluppo è capace di suscitare una partecipazione dell'osservatore all'azione televisiva, sarebbe senz'altro quel mezzo completamente nuovo per incentivare l'utente ad attrezzarsi per ricevere il satellite. Per questa ragione la RAI è favorevole più degli altri Paesi europei per una introduzione, il più rapidamente possibile, della televisione ad alta definizione.

Ulteriori informazioni alla Bibl. 14, 20, 21 e 22.

(3712)

BIBLIOGRAFIA

1 - Cominetti M., D'Amato P., Zetti G.: *Il Teletext: Nuovo servizio di diffusione di informazioni all'utente televisivo.* «Elettronica e Telecomunicazione», 1978, n. 1, pagg. 9-24.

2 - Cominetti M., D'Amato P., Stroppiana M.: *Teletext: Considerazioni teoriche sulla scelta del tipo di codifica e della velocità di trasmissione.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1978, n. 4, pagg. 153-168.

3 - Salvadorini R., Zetti G.: *Visibilità sul televisore di segnali per il teletext.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1979, n. 4, pagg. 175-178.

4 - Cominetti M., D'Amato P.: *Teletext: Recenti sviluppi internazionali.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1980, n. 4, pagg. 155-165.

5 - Cominetti M., Stroppiana M.: *Ricezione Teletext negli impianti centralizzati d'antenna.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1984, n. 2, pagg. 47-72.

6 - Baracco L., Caratto D.: *Decodificatore Televideo per non vedenti.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1986, n. 1, pagg. 3-8.

7 - Amato P., Cominetti M., Morello A., Tosoni N. S.: *Il Radiosoftware - Nuovo servizio di telematica radiodiffusa.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1987, n. 5, pagg. 198-206.

8 - Tabone D.: *Radiosoftware - Prove di trasmissione e ricezione.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1987, n. 6, pagg. 265-271.

9 - Cominetti M.: *Il Radiodata: Nuovo servizio in radiofonia MF.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1985, n. 2, pagg. 63-75.

10 - Bigi F., Giorgetti F., Melindo F., Pozzi D., Salvadorini R.: *Isola ottica della Fiera di Milano.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1985, n. 6, pagg. 251-260.

11 - Salvadorini R.: *Reti a Larga Banda - La stazione di Testa.* Memoria presentata alla riunione annuale AEI 1988, Capri.

12 - Pacini G. P.: *Ricevitore per radiodiffusione TV diretta da satellite a 12 GHz - Considerazioni sulla testata a microonde.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1980, n. 2, pagg. 50-58.

13 - Pacini G. P.: *Ricevitore per televisione diretta da satellite: Unità Esterna.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1985, n. 1, pagg. 2-20.

14 - Salvadorini R.: *Radiodiffusione diretta da satellite.* L'Elettronica, Dicembre 1987, pagg. 1175-1182.

15 - Barbieri G.: *Sistema C-Mac a pacchetti per la radiodiffusione diretta da satellite.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1984, n. 1, pagg. 15-30.

16 - Barbero M.: *Il sistema C-MAC per la radiodiffusione diretta da satellite - Codifica e multiplazione dei segnali sonori.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1984, n. 3, pagg. 133-148.

17 - Cominetti M., Stroppiana M.: *Televisione diretta da satellite - Distribuzione dei segnali MAC negli impianti centralizzati d'antenna.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1987, n. 1, pagg. 2-20.

18 - Cominetti M., Garazzino G.: *Televisione diretta da satellite: Sistema MAC-D a pacchetti.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1987, n. 5, pagg. 227-238.

19 - Mussino F.: *Ricezione Televisiva diretta da satellite nella banda dei 12 GHz con il sistema MAC-C a pacchetti.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1984, n. 3, pagg. 117-130.

20 - Fujio T. - NHK: Technical monograph n. 32, June 1982.

21 - Salvadorini R., D'Amato P.: *La televisione ad alta definizione.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1986, n. 5, pagg. 187-196.

22 - Salvadorini R.: *Lo standard televisivo nella diffusione diretta da satellite.* «Elettronica e Telecomunicazioni», 1985, n. 5, pagg. 191-198.

ATTIVITÀ DEL CENTRO RICERCHE RAI

Il Centro Ricerche RAI svolge ricerche nell'ambito della generazione, trasporto e diffusione dei segnali radiofonici, televisivi e di dati.

Nell'articolo riportato in questo numero (pagg. da 3 a 13) sono descritte le ricerche svolte per i NUOVI SERVIZI.

Oltre a queste vengono svolti studi e ricerche per l'ottimizzazione e l'aggiornamento tecnico degli impianti. Tra i più importanti citiamo:

— *La radiocamera.* In molte riprese TV di attualità in diretta rimane molto ingombrante il cavo di collegamento tra la telecamera e la regia video, pertanto la sua eliminazione è molto importante. La radiocamera è una telecamera a cui è accoppiato un piccolo trasmettitore video con relativa antenna. Il sistema di antenne trasmittente e ricevente ha caratteristiche molto particolari che permettono di ridurre drasticamente le riflessioni, deleterie per la buona qualità, sempre presenti specialmente in ambienti chiusi.

— *Sistema a doppio video.* Permette la trasmissione su ponti radio di due segnali video al posto di un solo segnale. È utile particolarmente durante i periodi di massimo affollamento di segnali video da trasmettere.

— *Grafica Elettronica.* È stato studiato e realizzato un prototipo di macchina per grafica elettronica che è stata industrializzata dall'industria nazionale (Tesak di Firenze). L'apparato ha una notevole diffusione negli studi televisivi e viene continuamente perfezionato.

— *Riprese TV in movimento.* Per particolari trasmissioni, tipico esempio sono le corse ciclistiche, è necessario che le telecamere siano in movimento. Occorre pertanto, per ciascuna telecamera un sistema di collegamento televisivo fra la telecamera e l'elicottero che funziona da ripetitore verso il punto ricevente a terra (regia video). Il punto di ripresa può anche essere un altro elicottero, in genere a bassa quota, (elicottero da ripresa). Uno dei maggiori problemi è quello delle interferenze, dovendo la trasmissione spostarsi continuamente in tutta Italia (giro ciclistico). Importante è anche la rete radio di collegamenti audio e di servizio (interfonico).

Oltre alle ricerche il Centro svolge anche attività didattica, di documentazione, di collaudi e riparazioni di apparati speciali.

TRASMISSIONE DI DUE CANALI TV SU UN UNICO TRANSPONDER DI UN SATELLITE

GIULIO PAOLO PACINI*

SOMMARIO — Risulta importante, quando possibile, aumentare la capacità di un satellite trasmettendo, in determinate condizioni operative, due canali TV oppure un canale TV e un multiplex audio su un unico transponder. Il Centro Ricerche della RAI ha eseguito uno studio approfondito sulle condizioni che permettono questo tipo di impiego e sulle caratteristiche dei due segnali ricevuti a terra. Sono stati considerati, mediante simulazioni su modelli matematici, i vari parametri che controllano il fenomeno che avviene a livello di amplificatori di potenza non lineari (TOP) a bordo del satellite tenuto conto delle caratteristiche Ampiezza/Ampiezza e Ampiezza/Fase del tubo, considerando l'effetto della «compressione», della comparsa dei numerosi prodotti di combinazione, delle interferenze di questi sui segnali utili, della desaturazione del transponder. È stata messa a punto una procedura per il calcolo dei link-budget per due canali TV modulati in frequenza tenuto conto della influenza reciproca. Le conclusioni teoriche hanno indicato che con appropriata desaturazione del transponder in relazione ai livelli e alla natura dei segnali trasmessi, questo sistema può essere immune da interferenze reciproche e può fornire buoni risultati. Sono inoltre state eseguite diverse trasmissioni sperimentali con due segnali, uno proveniente dal Centro del Fucino della Soc. Telespazio e l'altro da una stazione mobile della RAI dislocata in varie località italiane, che hanno dimostrato la perfetta corrispondenza dei risultati con quelli teorici.

SUMMARY — ***Transmission of two TV channel on a single satellite transponder.*** *It becomes important to increase the capacity of a satellite by transmitting on a single transponder two TV channels, or one TV channel and one sound-multiplex channel. The RAI Research Centre has carried out a deepend study on the conditions which allow this type of application and on the characteristics of the two earth-received signals. By means of simulations on mathematical models, the various parameters have been considered: they check the phenomenon occurring at the non-linear power amplifier level (TOP) on board of the satellite, and a procedure has been set up for the link-budget calculation for two frequency-modulated TV channels. The theoretical conclusions proved that, as regards the levels and the type of broadcast signals, such a system can be free from mutual interferences and can give satisfactory results. Several experimental transmission were carried out using two signals, one coming from the Center of Fucino (Telespazio) and the other from a RAI mobile station located in different Italian localities. These experiments have proved the perfect correspondence of the results with the theoretical ones.*

1. Introduzione

È possibile trasmettere due canali impegnando un solo transponder di un satellite, quando la larghezza della banda occupata da un canale è inferiore alla larghezza di banda del transponder. È, ad esempio, il caso dei satelliti ECS prima generazione Eutelsat I, nei quali i loro 12 transponder hanno una larghezza di banda di circa 72 MHz a −0,5 dB e circa 80 MHz a −3 ÷ −4 dB ([2]). In alcuni di questi transponder è quindi possibile allocare due canali TV da 36 MHz modulati in frequenza oppure un canale TV e un multiplex audio.

In queste condizioni operative il dispositivo più critico, quale sorgente di distorsioni non lineari, è il Tubo a Onde Progressive (TOP) normalmente usato come amplificatore di potenza sui transponder dei satelliti.

Tutti gli amplificatori presentano caratteristiche di non linearità quando funzionano in prossimità della loro saturazione, ossia della massima potenza che sono capaci di fornire in uscita. Tuttavia, quando è possibile, è conveniente operare in condizione prossime alla saturazione, tenuto conto dell'alto costo della potenza e della massa in orbita del transponder. In tali condizioni la presenza contemporanea di più segnali può introdurre un degrado sulla qualità che si manifesta con: comparsa di intermodulazione, conversione della modulazione di ampiezza in modulazione di fase, impulsi di rumore, interferenze; tutte distorsioni di tipo non lineare in aggiunta alle distorsioni lineari quali il rumore termico e l'imperfetta risposta in ampiezza e in fase al variare della frequenza.

In effetti un TOP è in grado di trasmettere un segnale modulato di frequenza in condizioni di saturazione, producendo distorsioni quasi irrilevanti; viceversa la presenza di più di una portante all'entrata

(*) Ing. Giulio Paolo Pacini del Centro Ricerche RAI-Torino.
Dattiloscritto pervenuto alla redazione il 18 luglio 1988.

([2]) Nella 2ª generazione Eutelsat II sono previsti 16 transponder dei quali 7 con larghezza di banda di 80 MHz e i rimanenti 9 con larghezza di banda di 40 MHz; 4 di questi ultimi riservati a servizi SMS (Satellite Multi-Service System).

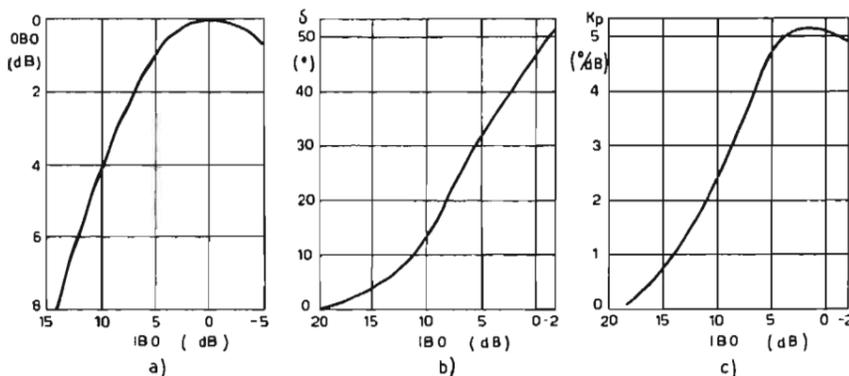



Fig. 1. — Funzioni caratteristiche di un TOP: *a*) caratteristica AM-AM: è la funzione di trasferimento RF per una sola portante all'entrata; *b*) caratteristica AM-PM: rappresenta la variazione totale della fase δ in funzione della potenza all'entrata; *c*) fattore di conversione AM/PM in funzione della potenza all'entrata.

del tubo in regime di non linearità può provocare inconvenienti non più trascurabili se non vengono soddisfatte precise condizioni operative.

2. Caratteristiche di un TOP

Risulta possibile analizzare il comportamento a radiofrequenza del transponder quando siano note le funzioni caratteristiche, misurate o fornite dal costruttore del tubo, tipiche per ogni TOP di bordo. Le più importanti sono due:

A) *La curva Ampiezza/Ampiezza (AM/AM)*: è la funzione di trasferimento RF; essa rappresenta la diminuzione della potenza in uscita rispetto a quella massima di saturazione che è capace di fornire il tubo, quando viene diminuita la potenza della portante in entrata rispetto al valore che satura il tubo, valore che normalmente viene posto uguale a zero dB. Si ha così una curva OBO$=f$(IBO) ove OBO (Output Back Off) e IBO (Input Back Off) sono espressi in dB (fig. 1*a*).

B) *La curva Ampiezza/Fase (AM/PM)*: rappresenta la variazione totale di fase (Phase Shift δ) in funzione del livello della potenza di entrata e, normalmente è data in gradi funzione di IBO (fig. 1*b*).

Questo andamento, mette in evidenza una distorsione di tipo non lineare perché δ cresce al variare del livello della potenza in entrata (IBO) e ciò è inerente al meccanismo del funzionamento del tubo.

Spesso al suo posto viene preferito il *fattore di conversione AM/PM*: K_p espresso in gradi di sfasamento per decibel di variazione del segnale d'entrata, funzione di IBO; tale funzione è la derivata rispetto a IBO della curva precedente e in pratica è di uso più agevole, perché l'ampiezza della distorsione è proporzionale a K_p (fig. 1*c*) ([3]). Si nota che K_p varia lentamente riducendo la potenza in prossimità della saturazione ove l'andamento della fase (fig. 1*b*) diventa quasi lineare. Qualunque modulazione di ampiezza del segnale di entrata dà luogo a componenti modulate in fase.

([3]) Talvolta risulta comodo riferire K_p all'uscita (OBO), anziché all'entrata, tramite la relazione fornita dalla funzione AM/AM.

3. Caratteristica istantanea di trasferimento di un TOP

Normalmente per il calcolo del bilancio di un collegamento (link-budget) per la trasmissione di un solo canale, la caratteristica AM/AM è sufficiente e conveniente per il suo rapido impiego. Tuttavia quando in entrata al transponder si ha più di una portante è necessario risalire alla caratteristica delle tensioni istantanee per una più approfondita indagine.

Il modello matematico più semplice per tenere conto della non linearità del transponder è quello di assumere la caratteristica istantanea di trasferimento del TOP, rappresentata da una serie o da un polinomio dispari di grado opportuno nella forma:

$$[1] \qquad v_u = a\ v_e + c\ v_e^3 + e\ v_e^5 + \cdots + z\ v_e^{(2n+1)}$$

ove v_e è la tensione istantanea all'entrata e v_u è la tensione risultante all'uscita. a è il coefficiente di trasferimento per piccoli segnali mentre c, e, ---, sono opportuni coefficienti che caratterizzano il tipo di non linearità del sistema rispettivamente del 3°, 5°---, $(2n+1)$° ordine. I coefficienti del polinomio hanno segni alterni.

Nella figura 2 è rappresentata la caratteristica di trasferimento istantanea a simmetria dispari espressa dalla [1]; in ordinate e in ascisse si hanno *le tensioni istantanee di picco* rispettivamente all'uscita e all'entrata del tubo; i valori massimi di picco corrispondenti alla saturazione sono stati per semplicità normalizzati all'unità, qui come nel seguito.

Questa caratteristica, di cui è necessario conoscere i coefficienti del corrispondente polinomio [1], si ricava (dopo opportuno filtraggio; v. parag. 5.1/5.2 e capo 8) dalla caratteristica AM/AM relativa a un determinato TOP.

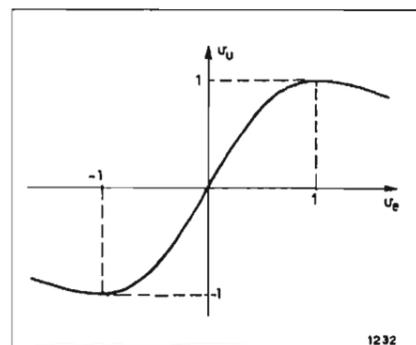



Fig. 2. — Caratteristica istantanea di trasferimento di un TOP. I valori delle tensioni istantanee di picco sono normalizzati ad I alla saturazione.

Nel caso particolare in cui all'entrata del TOP siano presenti due portanti a frequenza f_1 e f_2, si ha:

$$[2] \qquad v_e = A\ \cos\alpha + B\ \cos\beta$$

dove: A e B sono le ampiezze di picco (V); $\alpha = \omega_1 t + \varphi_1$; $\beta = \omega_2 t + \varphi_2$.

È opportuno tenere presente che i calcoli relativi ad un link-budget, specie nel caso di più di una portante all'entrata, sono spesso eseguiti con l'aiuto di un computer; di conseguenza le caratteristiche AM/AM e AM/PM fornite dal costruttore del tubo o misurate possono essere introdotte in un programma di calcolo trasformandole in espressioni analitiche mediante polinomi, i cui coefficienti vengono memorizzati in archivi.

4. Ipotesi semplificativa con polinomio del 3° ordine

Va subito detto che per ricostruire la caratteristica di trasferimento istantanea (fig. 2) a partire da una caratteristica AM/AM, fornita dal costruttore del tubo o misurata, è necessario che il polinomio [1] che la rappresenta sia almeno del 9° grado. Tenendo conto che per gradi così elevati e per più di una portante all'entrata le routine di calcoli algebrici e trigonometrici diventano alquanto macchinosi e tediosi si segue il procedimento del calcolo utilizzando, per semplicità, un polinomio del 3° grado per prendere atto della formazione dei prodotti di combinazione e scrivendo poi al capo 6 e 7 le formule complete relative al polinomio del 9° grado (per una eventuale introduzione in un programma di calcolo).

Sotto queste condizioni semplificative si esaminano due casi:

1°) una sola portante all'entrata
2°) due portanti di ampiezza diversa od eguale all'entrata.

4.1 Una sola portante all'entrata

La [1] si semplifica, e si ha:

$$[3] \qquad v_u = a\ v_e + c\ v_e^3$$

con $v_e = A\cos\alpha$ ricavato dalla [2] ponendo $B=0$, e che introdotta nella [3] da luogo a:

$$[4] \qquad v_u = a\ A\ \cos\alpha + c\ A^3 \cos^3\alpha$$

Tenendo presente che:

$$[5] \qquad \cos^3\alpha = \frac{3}{4}\cos\alpha + \frac{1}{4}\cos(3\ \alpha)$$

la [4] assume la forma

$$[4'] \qquad v_u = a\ A\ \cos\alpha + \frac{3}{4}\ c\ A^3 \cos\alpha + \frac{1}{4}\ c\ A^3 \cos(3\ \alpha)$$

In uscita al quadripolo rappresentato dalla [3], si ha un segnale (1° ordine) corrispondente al segnale d'entrata $A\cos\alpha$ moltiplicato per il coefficiente a ed inoltre compaiono altri due segnali (prodotti del 3° ordine) di cui il primo cade alla stessa frequenza del segnale d'entrata modificandone l'ampiezza, ossia riducendone l'ampiezza essendo sempre a e c di segno contrario, e il secondo corrisponde alla 3ª armonica del segnale di entrata. Risulta quindi che per un quadripolo caratterizzato da non linearità del 3 ordine, un segnale all'entrata dà luogo a tre segnali in uscita con le ampiezze massime di picco indicate in Tabella 1.

Tabella 1

TENSIONI MASSIME DI PICCO IN USCITA DA UN QUADRIPOLO NON LINEARE DEL TERZO ORDINE, GENERATE DA UN SOLO SEGNALE ALL'ENTRATA.

1° ordine: aA	a freq. f_1	— segnale originario in uscita al sistema
3° ordine: $(3/4)cA^3$	a freq. f_1	— prodotto che cade in corrispondenza del segnale originario modificandone l'ampiezza
$(1/4)cA^3$	a freq. $3f_1$	— terza armonica del segnale originario.

Si riscrive la [4'] in forma più compatta:

$$[4''] \qquad v_u = a\ A \left[1 + \frac{3}{4}\frac{c}{a} A^2\right] \cos\alpha + \frac{1}{4}\ c\ A^3 \cos(3\ \alpha)$$

Se si filtra questo segnale uscente (taglio della 3ª armonica), resta il segnale fondamentale d'entrata che rispetto all'ampiezza $a\,A$ che avrebbe in regime lineare, ha subito una «compressione» d'ampiezza. Si indica «fattore di compressione» il rapporto C tra la tensione di picco $a\,A$ che si otterrebbe in uscita dal sistema supposto lineare e la fondamentale che esce dal sistema non lineare considerato:

$$[6] \qquad C = 1/\left[1 + \frac{3}{4}\frac{c}{a} A^2\right]$$

Tale compressione risulta funzione della caratteristica di trasferimento ed è tanto più elevata quanto maggiore è l'ampiezza A della portante (c/a è un numero negativo).

Normalmente si considera la compressione in unità logaritmiche:

$$[7] \qquad C_0 = -20\ \log_{10}\left[1 + \frac{3}{4}\frac{c}{a} A^2\right]$$

4.2 Due portanti all'entrata

Introducendo la [2] nella [3] si ha:

$$[8] \qquad v_u = a\ A\ \cos\alpha + a\ B\ \cos\beta + c\ (A\ \cos\alpha + B\ \cos\beta)^3$$

Con alcuni passaggi algebrici e utilizzando la espressione trigonometrica [5] e la seguente:

$$\cos^2\alpha \cdot \cos\beta = \frac{1}{2}\left[\cos\beta + \frac{1}{2}\cos(2\ \alpha - \beta) + \frac{1}{2}\cos(2\alpha + \beta)\right]$$

ed inoltre raccogliendo i termini alla stessa frequenza

si ha:

$$[8'] \quad \begin{aligned} v_u = & \, a\,A\cos\alpha & + & \, a\,B\cos\beta + \\ & +(3/4)\,cA[A^2+2B^2]\cos\alpha & + & \,(3/4)\,cB\,[B^2+2A^2]\cos\beta + \\ & +(1/4)\,cA^3\cos(3\alpha) & + & \,(1/4)\,cB^3\cos(3\beta) + \\ & +(3/4)\,cA^2B\cos(2\alpha-\beta) & + & \,(3/4)\,cB^2A\cos(2\beta-\alpha) + \\ & +(3/4)\,cA^2B\cos(2\alpha+\beta) & + & \,(3/4)\,cB^2A\cos(2\beta+\alpha) \end{aligned}$$

Si è scritta la [8′] in modo simmetrico per mettere in evidenza il fatto che per ogni riga il 2° termine si ottiene dal primo scambiando A con B e α con β. Si nota inoltre nelle due ultime righe che i segnali alle frequenze somma e differenza hanno ampiezze eguali tra loro.

Risulta quindi che in un quadripolo caratterizzato da non linearità del 3° ordine, due portanti all'entrata danno luogo a dieci segnali in uscita con le ampiezze massime di picco indicate in Tabella 2.

Tabella 2

TENSIONI MASSIME DI PICCO IN USCITA DA UN QUADRIPOLO NON LINEARE DEL TERZO ORDINE GENERATE DA DUE SEGNALI ALL'ENTRATA

Ordine	Ampiezza	Frequenza	Descrizione
1° ordine:	aA	a freq. f_1	— segnali originari in uscita al sistema
	aB	a freq. f_2	
3° ordine:	$(3/4)cA[A^2+2B^2]$	a freq. f_1	— prodotti che cadono in corrispondenza dei segnali originari modificandone l'ampiez.
	$(3/4)cB[B^2+2A^2]$	a freq. f_2	
	$(1/4)cA^3$	a freq. $3f_1$	— terze armoniche dei segnali originari.
	$(1/4)cB^3$	a freq. $3f_2$	
	$(3/4)cA^2B$	a freq. $2f_1 \pm f_2$	— n. 4 prodotti di combinazione dei segnali originari a due a due
	$(3/4)cB^2A$	a freq. $2f_2 \pm f_1$	

Lo spettro del segnale in uscita è rappresentato in figura 3. Esso è costituito da due pacchetti: il primo è di fondamentale e il secondo di terza armonica ognuno dei quali contiene 4 righe distanti tra loro $\Delta f = f_1 - f_2$.

5. Segnali in uscita dal TOP e segnali in uscita dal transponder

5.1 — A questo punto è molto importante conoscere sia il segnale che in pratica si ottiene all'uscita del TOP

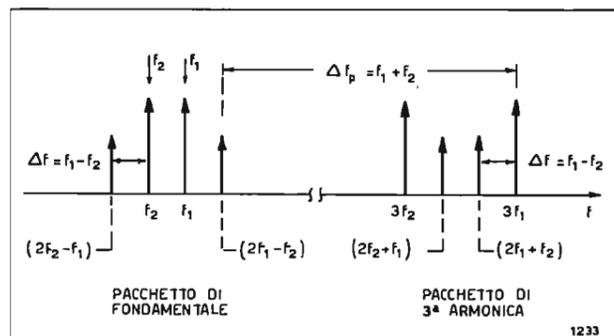



Fig. 3. — Spettro del segnale in uscita da un quadripolo caratterizzato da non linearità del 3° ordine, generato da due portanti all'entrata.

(si parla ancora di un ipotetico TOP rappresentato per semplicità con caratteristica del 3° ordine), sia il segnale che si ottiene all'uscita del transponder, e cioè all'antenna trasmittente del satellite.

Il TOP è un dispositivo non lineare che amplifica a «banda limitata»; inoltre alla sua uscita è spesso presente un filtro di armonica (passabasso) che nel seguito, per convenzione, *verrà considerato parte integrante del TOP*. Il suo circuito equivalente può essere rappresentato come in figura 4.

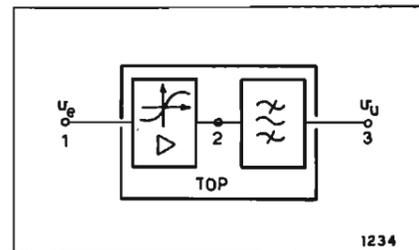



Fig. 4. — Schema convenzionale del TOP. Si considera la caratteristica passabanda del tubo e quella passabasso del filtro di armonica.

Ciò fa si che dello spettro indicato in figura 3 all'uscita si ritrovano soltanto le quattro righe del pacchetto fondamentale.

Nel caso ipotizzato all'uscita si ha quindi un segnale costituito dalla somma delle quattro tensioni del pacchetto fondamentale alle quattro diverse frequenze:

$$[9] \quad \begin{aligned} V_u\,(f_1) &= aA + (3/4)\,cA\,(A^2+2B^2) \\ V_u\,(f_2) &= aB + (3/4)\,cB\,(B^2+2A^2); \end{aligned}$$

$$[10] \quad \begin{aligned} V_u\,(2f_1-f_2) &= (3/4)\,cA^2\,B \\ V_u\,(2f_2-f_1) &= (3/4)\,cB^2\,A. \end{aligned}$$

Nel caso che all'entrata si abbia una sola portante si pone $B=0$ nelle [9] e [10].

5.2 — Altrettanto importante è conoscere il segnale che in pratica si ottiene all'uscita del transponder e che viene effettivamente irradiato. A tale scopo bisogna esaminare la situazione che non è uguale per tutti i satelliti né per i transponder di uno stesso satellite; se si considerano satelliti multicanali per telecomunicazioni (traffico telefonico in TDMA e/o canali TV), le funzioni a valle del TOP sono sostanzialmente due: filtraggio del segnale in uscita dal tubo dei prodotti di non linearità che cadono fuori della banda utile e interferenti per i canali adiacenti; e combinazione su una antenna trasmittente comune, o in alternativa su più di una antenna, dei segnali in uscita dai vari transponder.

Per il massimo sfruttamento della banda assegnata al «Servizio Fisso da Satellite» (SFS) normalmente si usano due accorgimenti:

1°) riuso delle stesse frequenze in polarizzazione ortogonale;

2°) allocamento in frequenza dei transponder l'uno vicino all'altro senza soluzione di continuità.

Nel caso dei satelliti ECS-Eutelsat I la banda assegnata SFS di 500 MHz (14 ÷ 14,5 GHz) è divisa in 6 parti eguali; 500/6 = 83,333 MHz rappresentano la banda impegnata da ciascuno dei 6 transponder (che diventano 12 utilizzando la polarizzazione ortogonale) e che è anche la distanza tra le frequenze centrali tra due transponder contigui.

TRASMISSIONE DI DUE CANALI TV SU UN UNICO TRANSPONDER DI UN SATELLITE

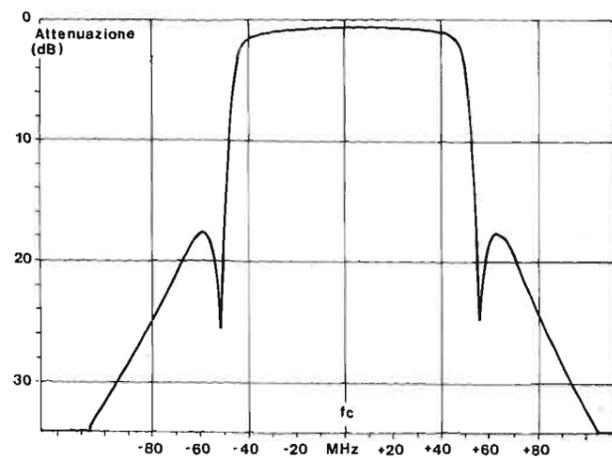



Fig. 5. — Esempio di un filtro in uscita di un TOP: caratteristica passabanda di tipo pseudoellittico del 6° ordine realizzato in cavità cilindriche «dual mode», oscillanti nel modo TE_{011} (estratto da bibl. 2).

A questo punto, per rispondere al quesito posto all'inizio del paragrafo 5.2, si dovrebbe conoscere la funzione di trasferimento del filtro posto a valle del TOP. Non sempre sono noti dettagli tecnici di questo tipo e spesso non per tutti i satelliti, e inoltre questa funzione può variare anche tra i transponder di uno stesso satellite al variare della frequenza. Tuttavia è fuori dubbio che questi filtri sono di realizzazione alquanto complessa, perché devono soddisfare varî requisiti e cioè: basse perdite nella banda, di potenza prodotta inorbita a costi assai elevati; massima larghezza a livello e fianchi estremamente ripidi per sfruttare al meglio la banda impegnata.

In questi ultimi dieci/quindici anni sono state messe a punto nuove tecniche sofisticate di sintesi per realizzare filtri di questo tipo.

Come esempio è riportata in figura 5 (bibl. 2) la caratteristica di un filtro passabanda di tipo pseudoellittico del 6° ordine realizzato in cavità cilindriche «dual mode» oscillanti nel modo TE_{011}. Esso risponde bene alle caratteristiche richieste, presentando tuttavia forte ritardo di gruppo agli estremi della banda, come ovvia conseguenza della ripidità dei fianchi, e risalite non trascurabili nella banda oscura.

All'uscita del transponder, in seguito a queste risalite, oltre alle due frequenze fondamentali f_1 e f_2, possono essere presenti e irradiate, sia pure attenuate, anche le righe dello spettro corrispondenti a $2f_1 - f_2$ e $2f_2 - f_1$ distanti $\Delta f = f_1 - f_2$ dalle fondamentali e che cadono sulle frequenze dei transponder contigui.

Nella figura 6 si vede che il prodotto $2f_2 - f_1$ ha un'ampiezza non trascurabile per la sovrasaturazione prodotta da un livello sperimentale piuttosto alto del «gain setting»([4]) in relazione alle potenze trasmesse.

([4]) IPFD (Input Power Flux Density) è il flusso di potenza, a livello di orbita, che pone il tubo in saturazione. Esso può essere variato, con telecomando da terra, dal valore che ha quando il satellite viene lanciato [per ECS/F4 - Trasp. 6: IPFD = −79,9 dB (W/m²)] ad un valore di circa −89 dB (W/m²) nel sistema Eutelsat I, per compensare l'invecchiamento del tubo. Ciò è ottenuto con il «gain setting» che regola la sensibilità in entrata, a monte del TOP.

Tale riga, generata nel transponder n. 6 di ECS/F4, cade sulle frequenze del transponder n. 5. Per questo motivo è necessario un attento e rigoroso controllo delle ampiezze di questi prodotti laterali.

Per quanto riguarda gli ECS-Eutelsat I sono riportate alcune caratteristiche (bibl. 3) sulla risposta in banda di alcuni transponder di ECS/F2; i valori medi sono: livello a −0,5 dB entro ±36 MHz; ≈ −1 dB a ±38 − 38,5 MHz. Valore massimo di ritardo di gruppo: ≈ 60 nsec. a ±40 MHz. Si desume un livello di −3 − 4 dB a ±40 MHz; larghezza di banda percentuale = 0.7%.

I valori della risalita in banda oscura possono essere dedotti da misure in campo.

È importante considerare gli effetti dei due successivi filtraggi indicati: il primo (v. 5.1) si ha sul TOP e quindi la caratteristica AM/AM misurata dal costruttore del tubo tiene già conto di questo primo filtraggio che, nel caso considerato (3° ordine), ha dimezzato le righe dello spettro; di conseguenza il valore dei coefficienti del polinomio [1] vengono calcolati tenendo conto di ciò. Viceversa il secondo filtraggio non altera più la caratteristica del tubo.

Il fattore di compressione delle due portanti viene valutato secondo la definizione data al paragrafo 4.1. La compressione in uscita del segnale a frequenza f_1, per effetto della presenza contemporanea all'entrata di due portanti a frequenza f_1 e f_2 assume il valore:

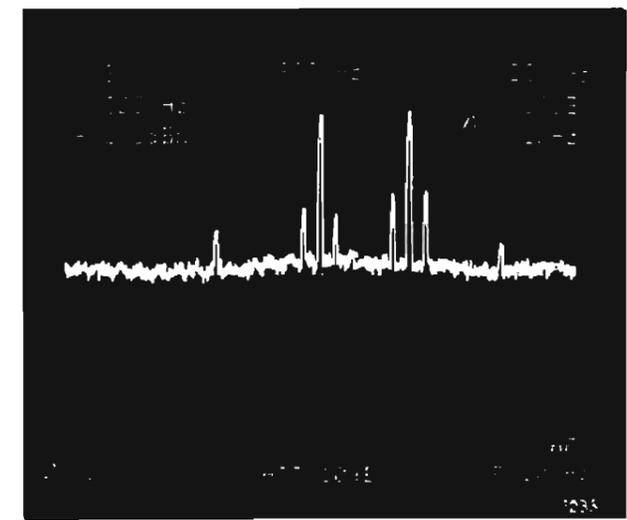



Fig. 6. — Spettro all'uscita del transponder n. 6 di ECS/F4. Sono presenti due portanti distanti tra loro 38 MHz, con relative sottoportanti audio a 6,60 MHz. Sono visibili i prodotti di intermodulazione distanti $\Delta f = f_1 - f_2$ dalle portanti. Si nota che il prodotto $2f_2 - f_1$ ha un'ampiezza non trascurabile. Tale riga, generata nel transponder n. 6 di ECS/F4, cade sulle frequenze del transponder n. 5. Condizioni operative: $EIRP_2 = EIRP_1 = 76{,}5$ dB(W). Gain Setting: posiz. 20 [sensibilità: +6,5 dB circa rispetto alla condizione IPFD = −79,9 dB(W/m²) iniziale]. (Foto gentilmente concessa dalla Società TELESPAZIO, che ne ha autorizzato la pubblicazione).

$$[11] \quad C_0\,(f_1) = -20\,\log_{10}\left[1 + \frac{3}{4}\frac{c}{a}\left(A^2 + 2B^2\right)\right];$$

$C_0(f_2)$ si ottiene dalla [11] scambiando A con B.

Confrontando la [11] con la [7], con cui si identifica

per $B=0$, si nota che anche qui la compressione è funzione della caratteristica di trasferimento e dell'ampiezza delle due portanti all'entrata.

6. Rappresentazione della caratteristica reale di un TOP mediante polinomio del 9° ordine

Si è, fino qui, rappresentata per semplicità la curva di trasferimento di un TOP con un polinomio del 3° grado. In realtà è necessario impiegare almeno un polinomio dispari del 9° ordine per ricopiare la caratteristica AM/AM di un TOP reale. Tralasciando i calcoli per ragioni di spazio e di tempo vengono dati nel seguito i risultati e le formule complete. Le formule si riferiscono al caso di due portanti all'entrata per due canali TV modulati in frequenza; nel caso di una sola portante si pone uguale a zero l'ampiezza di una delle due.

Il polinomio [1] assume quindi la forma:

$$[12] \qquad v_u = av_e + c\, v_e^3 + e\, v_e^5 + gv_e^7 + i\, v_e^9.$$

Nell'ipotesi che siano presenti *due portanti* all'entrata di un quadripolo espresso dalla [12], con frequenza $f_1 > f_2$, lo spettro dei prodotti all'uscita seguirà le regole più generali seguenti:

- numero dei pacchetti = numero dei coefficienti del polinomio = 5;
- distanza tra le righe di un pacchetto = differenza tra le 2 frequenze entranti: $\Delta f = f_1 - f_2$;
- numero righe per pacchetto = ordine del polinomio + 1 = 10;
- distanza tra i vari pacchetti = somma delle 2 frequenze entranti: $\Delta f_p = f_1 + f_2$.

Da ciò risulta che all'uscita di un tale quadripolo si hanno 50 righe nello spettro. Tuttavia, tenendo presente che il TOP è filtrato nel senso considerato nel paragrafo 5.1, all'uscita è presente soltanto il pacchetto di fondamentale che è costituito da 10 righe (fig. 7); inoltre, per quanto considerato nel paragrafo 5.2, all'uscita del transponder tali righe vengono ulteriormente ridotte.

Nella stessa figura oltre ad indicare le frequenze delle varie righe dello spettro, sono indicati per ciascuna riga gli ordini delle componenti che concorrono a formare, per somma, la loro ampiezza.

Dall'osservazione che le formule scritte ([9], [10] o simili) risultano formalmente eguali a due a due se si scambia A con B e corrispondentemente α con β (o f_1 con f_2), è possibile scrivere la metà delle equazioni necessarie. Per convenienza si indica l'ampiezza A con la lettera H e l'ampiezza B con la lettera K collegando H con α (o f_1) e K con β (o f_2). Le equazioni scritte raddoppiano scambiando H con K nei calcoli che seguono. Ciò semplifica la scrittura di un programma di calcolo.

7. Ampiezza delle righe del pacchetto fondamentale in uscita dal transponder

In questo capitolo vengono calcolate le ampiezze massime di picco delle due righe dello spettro nel pacchetto fondamentale a frequenza f_1 ed f_2, le sole che interessano nel calcolo di un link-budget. Si nota che la situazione è alquanto diversa quando le portanti all'entrata di un transponder sono tre o più, anziché due soltanto (v. capo 11).

In APPENDICE sono date le formule per eseguire gli stessi calcoli anche sugli altri prodotti di combinazione in uscita dal TOP relativi al pacchetto della fondamentale, sia perché essi danno una misura della non linearità dell'amplificatore, sia perché può essere utile quantificarli volendo eseguire misure sperimentali su banco di un apparato contenente un TOP. A tale proposito nel Centro Ricerche della RAI è in progetto un simulatore di satellite che fa uso di un tubo Thomson TH 3745 da 50 W e per la banda 10,70 ÷ 12,75 GHz, per la simulazione di trasmissioni con uno o più segnali, sia analogici sia numerici, e per varî procedimenti di modulazione.

Si indicano le componenti di ciascuna riga con la lettera P, seguita da un pedice (da 1 a 9) che indica l'ordine che le genera, con un apice o due apici rispettivamente per la frequenza più alta e per la corrispondente più bassa ($f_1 > f_2$).

7.1 Segnali in uscita dal transponder alle frequenze f_1 e f_2

$$[13] \qquad V_u\,(f_1) = P_{1'} + P_{3'} + P_{5'} + P_{7'} + P_{9'} \qquad \text{con}$$

ove IBO_1 è relativo alla portante a frequenza f_1; IBO_2 a quella a frequenza f_2.

Noto il valore della tensione di picco $V_u\,(f_1)$ in uscita dal transponder alla frequenza f_1, si ricava il corrispondente OBO:

$$[14] \quad \begin{cases} P_{1'} = aH \\ P_{3'} = (3/4)\; cH\; [H^2 + 2\; K^2] \\ P_{5'} = (5/8)\; eH\; [H^4 + 6H^2\; K^2 + 3\; K^4] \\ P_{7'} = (35/64)\; gH\, [H^6 + 12H^4\, K^2 + 18H^2\, K^4 + 4K^6] \\ P_{9'} = (63/128)\;\; iH\;\; [H^8 + 20\;\; H^6K^2 + 60H^4K^4 + \\ \qquad +40H^2K^6 + 5K^8] \end{cases}$$

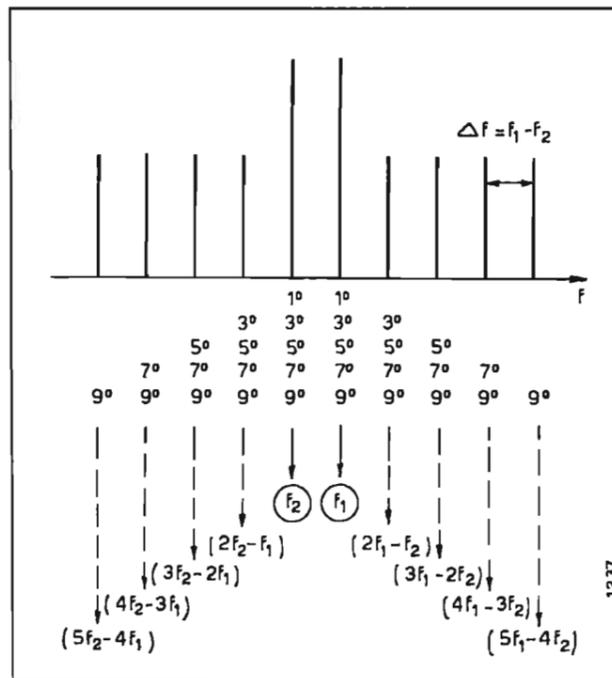



Fig. 7. — Pacchetto di fondamentale dello spettro (costituito nel suo insieme da 50 righe) generato da un quadripolo non lineare del 9° ordine, quando all'entrata sono presenti due portanti.

ove le ampiezze H e K si ottengono, come già indicato, dai livelli dei segnali in entrata (*)

$$[15] \qquad H = 10 \uparrow [-IBO_1/20];\; K = 10 \uparrow [-IBO_2/20]$$

ove IBO_1 è relativo alla portante a frequenza f_1; IBO_2 a quella a frequenza f_2.

Noto il valore della tensione di picco $V_u\,(f_1)$ in uscita dal transponder alla frequenza f_1, si ricava il corrispondente OBO:

$$[16] \qquad OBO\,(f_1) = -20\,\log_{10}\,\{ABS\,[V_u\,(f_1)]\}\ (^{**}).$$

La compressione in uscita relativa alla fondamentale f_1 risulta (v. 4.1):

$$[17] \qquad C_0\,(f_1) = -20\,\log_{10}\,\{ABS\,[V_u\,(f_1)/P_{1'}]\}.$$

In modo analogo:

$$[13'] \qquad V_u\,(f_2) = P_{1''} + P_{3''} + P_{5''} + P_{7''} + P_{9''}$$

ove i prodotti $P_{n''}$ si ottengono dai prodotti $P_{n'}$ espressi dalle [14] scambiando H con K; e quindi

$$[16'] \qquad OBO\,(f_2) = -20\,\log_{10}\,\{ABS\,[V_u\,(f_2)]\}.$$

La compressione in uscita relativa alla fondamentale f_2 risulta:

$$[17'] \qquad C_0\,(f_2) = -20\,\log_{10}\,\{ABS\,[V_u\,(f_2)/P_{1''}]\}.$$

Nel caso particolare in cui $H = K$ (due portanti all'entrata di egual ampiezza) risulta $V_u\,(f_1) = V_u\,(f_2)$ e quindi $OBO\,(f_1) = OBO\,(f_2)$.

Questi calcoli sono validi sia con due portanti all'entrata, sia per una sola portante (ponendo $K=0$).

Si nota che è stato usato un polinomio del 9° ordine per rappresentare la caratteristica di trasferimento, non tanto per valutare segnali in uscita che diminuiscono di ampiezza rapidamente al crescere dell'ordine che li ha generati, ma soprattutto per riuscire a copiare con un polinomio la curva data di un TOP, fornita in genere con un grafico; cosa che non sempre è facile nemmeno con un polinomio di grado così elevato.

8. Calcolo dei coefficienti del polinomio

Per il calcolo dei coefficienti a, c, e, g, i del polinomio [12] ci si attiene alla procedura usata, in sede di collaudo dal costruttore del tubo o da un utente per ottenere la curva AM/AM.

La misura viene eseguita con una sola portante all'entrata del tubo, facendone variare l'ampiezza. Se si usa un bolometro all'entrata e uno all'uscita, per ogni valore della potenza in entrata si rileva la potenza all'uscita il che è equivalente a conoscere per ogni punto misurato la tensione V_u di uscita in funzione della V_e all'entrata.

La tensione in uscita non è la somma di tutti i termini prodotti dalla non linearità dell'amplificatore, ma solo di quelli che possono passare all'uscita (pacchetto di fondamentale) per effetto del filtraggio (v. 5.1.).

(*) La freccia ↑ indica che la parte fra parentesi quadra è l'esponente di 10.

(**) ABS = valore assoluto.

Non solo, ma per effetto di avere usato una sola portante, del pacchetto di fondamentale sarà presente la sola riga alla frequenza f_1 di entrata espressa in termini analitici dalle [13] e [14] ove viene posto $K=0$ e $H = A = V_e$

$$[18] \quad V_u\,(f_1) = aV_e + \frac{3}{4}\,cV_e^3 + \frac{5}{8}\,eV_e^5 + \frac{35}{64}\,gV_e^7 + \frac{63}{128}\,iV_e^9$$

Si determinano i valori dei cinque coefficienti a, c, e, g, i della caratteristica del TOP in modo tale da avere la fondamentale della tensione di uscita in saturazione ad 1 volt. Ciò può essere fatto impostando un sistema di 5 equazioni del tipo [18] dopo aver scelto in modo opportuno 5 punti della caratteristica AM/AM i cui valori in tensione si ottengono dalle:

$$[19]\; V_{u'} = 10 \uparrow [-(OBO'/20)];\; V_{e'} = 10 \uparrow [-(IBO'/20)],$$

oppure col metodo del controgradiente che rende minimo lo scarto quadratico medio tra la curva data per punti e il polinomio che la rappresenta (fitting).

Nel punto di saturazione OBO = IBO = 0 dB, per la [18] si ha:

$$[18'] \qquad V_u = a + \frac{3}{4}\,c + \frac{5}{8}\,e + \frac{35}{64}\,g + \frac{63}{128}\,i = 1{,}00 \text{ volt.}$$

Noti i coefficienti del polinomio, è possibile calcolare le componenti uscenti dal transponder [$OBO\,(f_1)$ e $OBO\,(f_2)$] mediante le [16] [16'] paragr. 7.1.

In pratica conviene disporre di diversi archivi di coefficienti a, c, e, g, i per il calcolo relativo a diversi satelliti o a diversi transponder dello stesso satellite perché la caratteristica AM/AM può differenziarsi dalla caratteristica tipica, al variare del tubo e/o al variare della frequenza. Questo è il motivo per cui nel calcolo dell'OBO è facile commettere qualche errore, dell'ordine del mezzo dB o più al crescere dell'IBO (per segnali deboli). E ciò è inevitabile nel calcolo di un qualsiasi link-budget.

9. Calcolo di link-budget per due canali su un unico transponder

Lo scopo dell'indagine eseguita è stato quello di individuare un metodo per il calcolo del link-budget di due trasmissioni indipendenti tramite un unico transponder del satellite, ed inoltre poter stimare i valori più opportuni delle EIRP (Effective Isotropic Radiated Power) trasmesse da terra, sia dallo stesso luogo, sia più in generale da due qualunque punti compresi nell'area utile del satellite (ad esempio da due qualunque punti dell'Eurobeam nel caso di ECS-Eutelsat I) in modo da utilizzare al massimo le capacità del transponder.

Schematicamente si può dire che il calcolo dei link-budget di questo tipo seguono le stesse regole di quelli prodotti da una sola portante, ad eccezione di due parametri che risultano assai diversi da quelli competenti al singolo canale. Essi sono, nel caso di due portanti presenti:

1) valore dell'OBO competente ai due canali nel «down-link» e
2) i valori per la conversione AM/PM.

Si forniscono nel seguito i risultati dei link-budget calcolati per due diversi tipi di collegamento che sono indicati come «Collegamento sbilanciato» quando i due canali a frequenza f_1 e f_2 sono irradiati da terra rispettivamente con $(EIRP)_1$ e $(EIRP)_2$ diverse tra loro [mantenendo $(EIRP)_2$ costante e $(EIRP)_1$ variabile]; e «Collegamento bilanciato» quando $(EIRP)_1 = (EIRP)_2$.

Per ricondurci a casi pratici, si suppone che la trasmissione dei due canali avvenga, tranne che per l'ultimo esempio, dalla località FUCINO, e, per semplicità, anche la ricezione avvenga al Fucino (FU/FU).

I parametri ipotizzati sono: Collegamenti tramite il transponder n. 1 del satellite ECS/F4 posizionato a 10° Est di longitudine.

Caratteristiche medie delle antenne riceventi a terra:

A FUCINO: diametro 8 m per entrambi i canali; guadagno $G \cong 57{,}7$ dBi; errore di puntamento 0,05° (step-track); fattore di merito medio stazione ricevente $G/T \cong 33{,}3$ dB(K^{-1}) a cielo chiaro.

Attenzione località FUCINO rispetto al centro fascio: $\Delta A_u = 0{,}23$ dB nell'Eurobeam (trasmissione); $\Delta A_d = 3{,}31$ dB nello Spot Ovest (ricezione). Questi valori di attenuazione sono ottenuti ipotizzando un errore di puntamento dell'antenna del satellite di 0,1°. I valori indicati si riferiscono al solo diagramma di antenna del satellite, mentre la diversa attenuazione di tratta rispetto al centro viene considerata a parte nel calcolo delle distanze.

Si suppone, inoltre, che le frequenze per i due canali siano: $f_1 = f_0 + 18$ MHz; $f_2 = f_0 - 20$ MHz essendo le frequenze centrali del transponder in salita $f_{ou} = 14291{,}667$ MHz e in discesa $f_{od} = 10991{,}667$ MHz. Si ipotizzano infine condizioni meteo di cielo chiaro sia in salita, sia in discesa (ad eccezione dell'esempio in 9.5).

Per il calcolo di un link-budget è necessario conoscere le caratteristiche del satellite. Per il satellite ECS/F4, cui viene fatto riferimento negli esempi che seguono, si ha per il transponder n. 1: $(G/T)_{sat} = 2{,}1$ dB(K^{-1}); $G_{Rx\,sat} = 29{,}4$ dBi; $EIRP_{sat} = 46{,}3$ dB(W) alla saturazione è sull'asse del fascio; e IPFD $= -79{,}7$ dB(W/m^2), valore attuale, stabilito al lancio del satellite.

Un secondo punto da valutare è il rapporto all'entrata tra le due portanti che possono essere trasmesse in un collegamento. Da tale rapporto dipendono le ampiezze dei prodotti di intermodulazione e quindi la situazione interferenziale.

Un criterio per evitare situazioni pericolose mette in relazione le EIRP dei due canali trasmesse da terra, secondo l'espressione in cui ES = EIRP di saturazione:

$$EIRP_2 = ES_2 + 20\log_{10}\{M - 10\uparrow[(EIRP_1 - ES_1)/20]\} \qquad [20]$$

da usarsi nei collegamenti con ECS-Eutelsat I con $M < 1$ a cielo chiaro sulle tratte in salita (e quindi a maggior ragione con cielo perturbato). (Nei calcoli pratici si è posto la costante M della (20) al valore $0{,}93 \div 0{,}95$ come margine di sicurezza per $\Delta f = f_1 - f_2 = 38$ MHz). Tali EIRP dipendono dalle relative ES a cielo chiaro, e quindi, anche dalle due località di trasmissione.

Nel caso in cui la trasmissione sia fatta dal FUCINO per entrambi i canali e tramite satellite ECS/F4-Transp. 1 si avrebbe: $ES_1 = ES_2 = 83{,}54$ dB(W) con «gain setting» in posizione iniziale [IPFD $= -79{,}7$ dB (W/m^2)].

In tale condizione la [20] fornisce i *valori massimi* che non devono essere superati per le seguenti coppie di EIRP:

[21] 81/69; 80/72; 79/74; 78/75,5; 77/77 dB(W).

La scelta della coppia viene fatta con i criteri richiesti dai collegamenti.

Un terzo punto da chiarire è la valutazione della potenza di rumore al ricevitore a terra nella banda di trasmissione.

Quando si trasmette con due portanti, il valore del rumore misurato in una banda nota, con portanti spente ha un valore più alto di quando se ne accende una, o entrambe. Si parla di «rumore caricato», dovuto ad una sorta di *compressione*, che consente un miglioramento di alcune frazioni di dB sul valore del rapporto C/N misurato rispetto a quello calcolato.

9.1 Calcolo di OBO sul «collegamento sbilanciato» FU/FU

Le EIRP, di valore diverso, trasmesse da terra, nell'esempio considerato sono: $EIRP_2 = 74$ dB(W) costante, trasmessa, ad es. da una stazione mobile; $EIRP_1$ trasmessa da una stazione fissa e variabile da 70 dB(W) fino al valore di saturazione ES, che per la località ipotizzata e a cielo chiaro vale ES = 83,54 dB(W). I risultati sono presentati in forma grafica (fig. 8*a*). I valori di OBO per i due canali a frequenza f_1 e f_2 sono funzione della $EIRP_1$ che varia; nello stesso grafico è indicata anche la curva OBO (a tratteggio) che si avrebbe con un solo canale sul transponder.

Si nota che il canale 2 è fortemente penalizzato dalla compressione prodotta dal canale 1 e tanto più quanto $EIRP_1 > EIRP_2$; nel caso ipotizzato se ad es. $EIRP_1 = 80$ dB(W) i valori di compressione sono $C_{01} = 3{,}47$ dB; $C_{02} = 5{,}54$ dB, mentre con una sola portante si avrebbe $C_0 = 2{,}52$ dB con 80 dB(W); e $C_0 = 0{,}65$ dB con 74 dB(W).

Il valore di OBO risulta eguale per i due canali quando $EIRP_1 = EIRP_2 = 74$ dB(W) perché per ipotesi i due canali sono trasmessi dalla stessa località, pur subendo entrambi una compressione reciproca di $\approx 1{,}3$ dB rispetto al caso di un solo canale sul transponder. Al disotto prevale viceversa il segnale della portante 2.

9.2 Link-budget per «collegamento sbilanciato» FU/FU

Noti i valori di OBO e quindi il livello dei due segnali all'uscita del satellite, si può completare il link-budget con il calcolo dei rapporti C/N (fig. 8*b*) e $(S/N)_{vp}$ video pesato (fig. 8*c*) sia per la stazione fissa (can. 1) sia per la mobile (can. 2). Essi hanno andamenti simili alle curve dell'OBO e, viste in modo panoramico con $EIRP_1$ variabile, consentono il controllo del segnale ricevuto a terra per diversi valori di potenza irradiata dalle due stazioni.

Si vede che nelle condizioni precisate al capo 9 e con stazione mobile a 74 dB(W), con una potenza irradiata dalla stazione fissa di 79 dB(W), si ottiene in ricezione al Fucino, con antenna da 8 m, un valore di $C/N \cong 14$ dB e $(S/N)_{vp} \cong 51$ dB per il canale 2 (stazione mobile); e un valore di $C/N \cong 20$ dB e $(S/N)_{vp} \cong 57$ dB per il canale 1 (stazione fissa). E ciò, secondo le ipotesi fatte, a cielo chiaro.

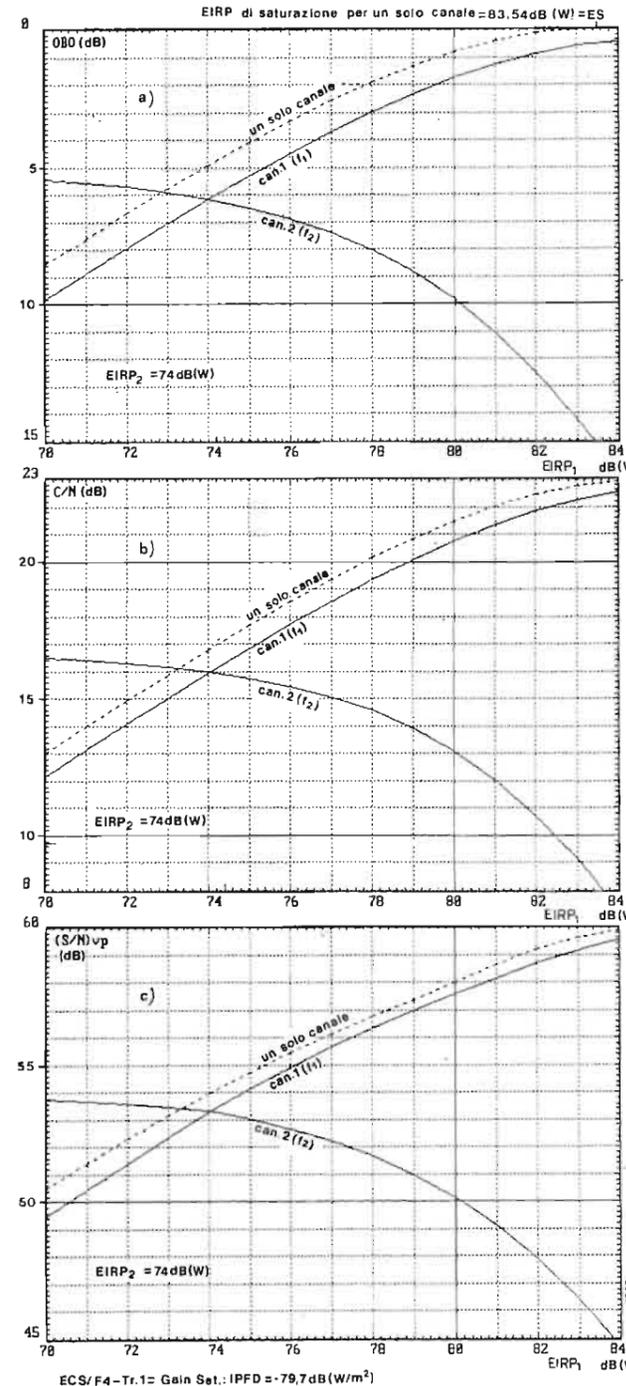



Fig. 8. — Collegamento sbilanciato FU/FU (Fucino/Fucino). Meteo: cielo chiaro in trasmissione e in ricezione. *a*) Valori di OBO con $EIRP_2 = 74$ dB(W) e $EIRP_1$ variabile. La EIRP di saturazione da Fucino, a cielo chiaro e con una sola portante all'entrata è 83,54 dB(W); *b*) Valori del rapporto C/N in ricezione; *c*) Valori del rapporto S/N video pesato.

Fig. 9. — Collegamento bilanciato FU/FU. Meteo: cielo chiaro in trasmissione e ricezione. *a*) Valori di OBO con $EIRP_2 = EIRP_1$ variabili. Si nota che il valore della potenza di saturazione in uscita dal satellite, con due portanti eguali, si abbassa di 4,46 dB rispetto al caso di una sola portante. *b*) Valori del rapporto C/N con $EIRP_2 = EIRP_1$.

9.3 Calcolo di OBO sul «collegamento bilanciato» FU/FU

In questo caso il transponder è alimentato da due portanti di eguale ampiezza. Si nota nella figura 9*a* che i valori di OBO sono coincidenti per i due canali essendo $EIRP_2 = EIRP_1$ trasmesse, per ipotesi, dalla stessa località e che il valore di saturazione si raggiunge quando ciascuna delle due portanti all'entrata è -3 dB sotto la potenza di una sola portante che satura il tubo; e inoltre la somma delle potenze massime delle due fondamentali è, all'uscita, inferiore alla massima potenza che è capace di fornire il tubo (OBO = 4,46 dB anziché 3 dB); in primo luogo per effetto della compressione reciproca tra le due portanti ($C_0 = 6{,}18$ dB) e, in minore misura, per effetto della potenza perduta nei prodotti di combinazione. Si può dire che la caratteristica di trasferimento per due portanti uguali si appiattisce, con una perdita di potenza in uscita dal satellite alla saturazione di circa 4,5 dB rispetto alla caratteristica relativa ad una sola portante in saturazione.

9.4 Link-budget per «collegamento bilanciato» FU FU

Anche i valori di C/N (fig. 9*b*) e $(S/N)_{vp}$ sono coincidenti per i due canali. Si vede che trasmettendo da FUCINO livelli corrispondenti ed EIRP = 77 dB(W) per entrambi i canali si ottiene in ricezione a FUCINO per i due canali $C/N \cong 17{,}7$ dB contro i 20 dB

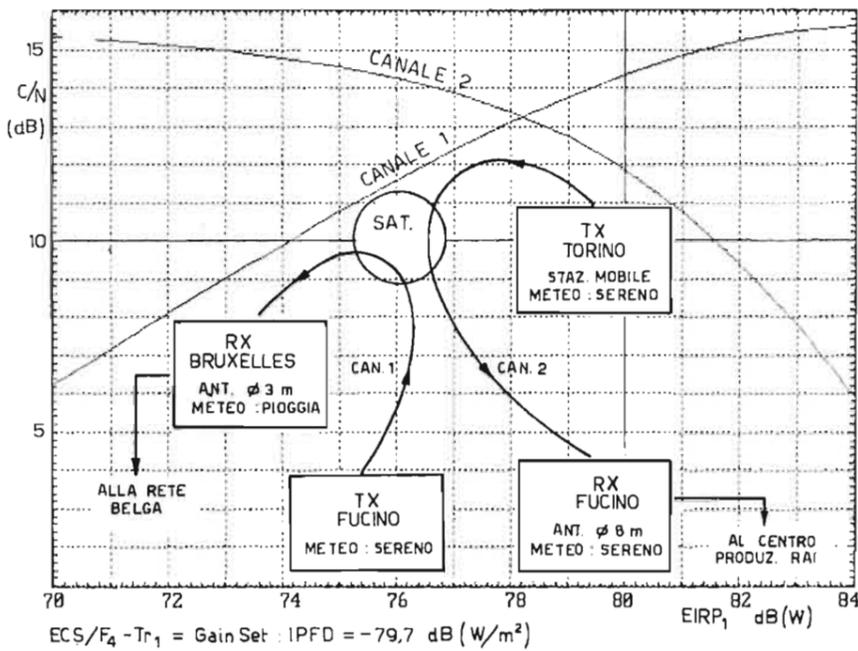



Fig. 10. — Valori dei rapporti C/N per collegamento sbilanciato su due tratte diverse. Il can. 1 è trasmesso dalla RAI, tramite Fucino, per gli italiani all'estero, mentre in contemporanea sullo stesso transponder viene inviato un programma di attualità sul can. 2 ripreso a Torino da una stazione mobile, verso il Centro di Produzione RAI di Roma, tramite Fucino. La $EIRP_1$ deve avere un valore compreso tra 78,3 e 80 dB(W) in relazione ai valori C/N richiesti sui due collegamenti; $EIRP_2$=73 dB (W).

del collegamento sbilanciato e $(S/N)_{up} \cong 55$ dB. Si nota inoltre che il valore massimo del C/N=18,7 dB si otterrebbe con EIRP=82 dB(W) per entrambi i canali, valori già pericolosi per i prodotti di intermodulazione ([5]). Ciò è un fatto generale quando le due portanti sono uguali. Poiché la saturazione si ha a livelli più bassi di potenza all'entrata e la caratteristica di trasferimento si appiattisce, la potenza in uscita dal satellite non può crescere molto, né aumentando la potenza all'entrata, né aumentando la sensibilità del transponder (gain setting).

9.5 COLLEGAMENTO SBILANCIATO SU DUE TRATTE DIVERSE

Come ultimo esempio si calcolano i rapporti (C/N) su un doppio collegamento, tramite satellite ECS/F4-Tr. 1, così realizzato: la RAI trasmette, tramite Fucino, un programma per gli italiani all'estero (canale 1) ricevuto a Bruxelles per la rete belga e contemporaneamente una stazione mobile, dislocata a Torino, trasmette (canale 2) tramite lo stesso transponder n. 1, un programma di attualità (ad es. sport), ricevuto al Fucino che viene instradato, attraverso ponti terrestri, al Centro di Produzione RAI, a Roma (fig. 10).

Si ipotizza per le località:

- FUCINO: stesse condizioni indicate al capo 9. Antenna: diametro 8 m in ricezione. Meteo: cielo chiaro. $EIRP_1 \leqslant 80$ dB(W) [v. oltre].
- TORINO: attenuazione rispetto al centro fascio Eurobeam (trasmissione) ΔA_u=0,45 dB, con errore di puntamento antenna satellite di 0,1°. Meteo: cielo chiaro; $EIRP_2$=73 dB(W) (v. [20]).
- BRUXELLES: attenuazione rispetto al centro dello Spot Ovest (ricezione): ΔA_d=0.16 dB. Meteo: pioggia con attenuazione supplementare corrispondente al 99% del mese peggiore. Antenna ricevente: Diametro 3 m; guadagno $G \cong 48,7$ dBi; errore di puntamento: 0,15°; fattore di merito $G/T \cong 25,16$ dB(°K^{-1}) a cielo chiaro.

Dai grafici di figura 10 si ha che per $EIRP_1$=80 dB(W) risulta $(C/N)_1 \cong 14,4$ dB e $(C/N)_2 \cong 11,9$ dB. Con $EIRP_1$=78,3 dB(W) si avrebbe $(C/N)_1$=$(C/N)_2$= =13,3 dB.

([5]) Si nota nella figura 9 che il valore massimo di C/N non si ha alla saturazione [80 dB (W)] ma al valore di 82 dB (W). Ciò consegue dal fatto che C/N in salita è aumentato di 2 dB (come la EIRP), mentre C/N in discesa è diminuito di soli 0,1 dB (di quanto è aumentato OBO). Dal parallelo dei due si ha quindi un aumento di C/N a terra di 0,12 dB.

10. Conversione AM/PM

È stato rilevato al capo 2 che un TOP ha un andamento della sfase che è funzione del livello d'entrata (fig. 1*b*). Nel caso più generale di molte portanti all'entrata, variazioni di ampiezza sono convertite in modulazione di fase, che si manifestano come uno spettro di frequenze spurie che sono di ampiezza proporzionale al coefficiente di conversione K_p e distribuite in frequenza e in numero esattamente come i prodotti di intermodulazione.

Nel caso che si sta trattando di due sole portanti all'entrata, questo fenomeno è irrilevante, mentre non si può ignorare la conversione AM/PM relativa al rumore sovrapposto al segnale utile della tratta in salita. Infatti, sebbene una portante modulata in frequenza non presenti praticamente variazioni di ampiezza, il rumore termico associato alla portante porta effettivamente ad una modulazione istantanea di ampiezza che può essere convertita in modulazione di fase e ciò tanto più quanto più si è vicini alla saturazione del tubo (tramite K_p che aumenta con il livello di entrata) e tanto più quanto maggiore è il rumore della tratta in salita, ovvero per bassi rapporti C/N della salita.

In una rappresentazione vettoriale si può considerare il *valore istantaneo* del rumore scomposto in due vettori, uno in quadratura con la portante e l'altro radiale; solo il primo contribuisce al degrado perché un demodulatore di frequenza «sente» la variazione angolare della risultante (la pulsazione istantanea è la derivata rispetto al tempo della fase istantanea). All'entrata del ricevitore di terra sono presenti quindi tre componenti:

- la componente in quadratura della tratta in salita
- una componente dovuta alla conversione AM/PM
- la componente in quadratura della tratta in discesa.

E poiché il TOP non introduce rumore sul segnale della salita, il rapporto portante/rumore C/N al ricevitore di terra ha un valore che non cambia per effetto della conversione AM/PM; viceversa tale conversione degrada il valore del rapporto segnale/rumore S/N dopo demodulazione.

Il valore teorico di tale degrado può essere espresso dalla:

[21]
$$\Delta (S/N) = -10 \log_{10} \left[1 + \frac{(K_p/6,6)^2}{1+\frac{B_u}{B_d} \cdot 10 \uparrow \left[\frac{1}{10} \left\{ \left(\frac{C}{N}\right)_u - \left(\frac{C}{N}\right)_d \right\} \right]} \right]$$

i pedici si riferiscono: u alla salita (up) e d alla discesa (down); B_u è la banda equivalente di rumore sul satellite e B_d quella relativa al ricevitore a terra. Il coefficiente 6,6 converte K_p da radianti/volt a gradi/dB tramite l'approssimazione $\ln(1+x) \cong x$ (per x piccolo). Il valore di K_p può essere desunto dal grafico fornito dal costruttore del tubo in funzione del livello di entrata IBO (o dal polinomio che lo rappresenta) se all'entrata si ha una sola portante; nel caso di due portanti K_p è commisurato per entrambi i canali al valore medio dell'inviluppo corrispondente al minore dei due valori di OBO che si hanno all'uscita del tubo.

11. Configurazione con 3 o più portanti su un unico transponder

Si dà soltanto un cenno al caso di 3 portanti su un transponder, non tanto per portare dei risultati quanto per indicare che passando da 2 a 3 (o più) portanti all'entrata di un TOP, ossia se si ha:

[22]
$$v_e = A \cos \alpha + B \cos \beta + C \cos \gamma$$

peggiora sensibilmente la situazione interferenziale e ciò principalmente per il fatto che nel caso di due portanti i prodotti di combinazione cadono fuori della banda utile, mentre con 3 o più portanti tali prodotti cadono *anche* in banda utile.

Riferendoci ancora, per semplicità, al caso della rappresentazione della funzione di trasferimento del TOP con una cubica, lo spettro in uscita dal TOP che per 2 portanti all'entrata conteneva 8 righe (v. fig. 3), nel caso di 3 portanti all'entrata le righe dello spettro diventano 22 e cioè si hanno, oltre alle righe aggiunte, gli stessi prodotti che compaiono nella Tabella 2 (salvo che i termini che cascano in corrispondenza dei segnali originari, modificandone l'ampiezza, contengono anche l'ampiezza della 3ª portante; ad es. il prodotto (3/4) cA $[A^2+2B^2]$ diventa (3/4) cA $[A^2+2B^2+2C^2]$, confermando che la compressione aumenta per il contributo della 3ª portante).

In Tabella 3 vengono indicati i prodotti che si aggiungono a quelli di Tabella 2 per la presenza della 3ª portante.

Tabella 3

TENSIONI MASSIME DI PICCO IN USCITA DA UN QUADRIPOLO NON LINEARE DEL TERZO ORDINE CHE SI AGGIUNGONO A QUELLE INDICATE IN TABELLA 2 QUANDO SI PASSA DA DUE A TRE PORTANTI ALL'ENTRATA.

1° ordine: aC	a freq. f_3	— segnale originario in uscita dal sistema
3° ordine: $(3/4)cC[C^2+2B^2+2A^2]$	freq. f_3	— prodotto che cade in corrispondenza del segnale originario modificandone l'ampiezza
$(1/4)cC^3$	a freq. $3f_3$	— terza armonica del segnale originario
$(3/4)cA^2C$ freq.:	$ABS(2f_1 \pm f_3)$	— n. 8 prodotti di combinazione dei segnali originari a due a due
$(3/4)cB^2C$	$ABS(2f_2 \pm f_3)$	
$(3/4)cAC^2$	$ABS(2f_3 \pm f_1)$	
$(3/4)cBC^2$	$ABS(2f_3 \pm f_2)$	
$(3/2)cABC$ freq.:	$ABS(f_1 \pm f_2 \pm f_3)$	— n. 4 prodotti di combinazione dei segnali originari a tre a tre.

Se si vuole tenere conto del solo pacchetto di fondamentale, perché le altre righe sono filtrate dal TOP, si devono considerare i prodotti che cadono alle frequenze (valore assoluto): $2f_1-f_3$; $2f_2-f_3$; f_1-2f_3; f_2-2f_3; $f_1-f_2-f_3$; $f_1-f_2+f_3$; $f_1+f_2-f_3$ che praticamente cadono tutti in banda (o ai suoi estremi).

Si nota inoltre che i prodotti formati dalle 3 frequenze hanno ampiezza 6 dB più alta di quelli formati con 2 frequenze (v. Tabella 3). E infine si può notare che se f_3 è scelta al centro tra f_1 e f_2, ossia se $f_3=(f_1+f_2)/2$, i prodotti a frequenza $ABS(2f_3-f_2)$; $ABS(2f_3-f_1)$; $ABS(f_1+f_2-f_3)$ cadono esattamente in corrispondenza delle portanti f_1, f_2, f_3.

Volendo confrontare questo nuovo spettro con quello di figura 3 si vedono alcune righe che si sono inserite a pettine tra le portanti e le righe già esistenti a distanza dalle portanti:
$ABS(f_2-f_3)$ e $ABS(f_1-f_3)$; quando f_3 è compresa tra f_1 e f_2 le distanze minime più pericolose tra portanti e prodotti sono contenute nella differenza $ABS(f_2-f_3)-ABS(f_1-f_3)$.

Con un polinomio del 9° grado, oltre a variare le ampiezze dei prodotti rispetto a quello del 3° grado, il numero dei prodotti di combinazione aumenta in modo smisurato. In questi casi è molto importante commisurare l'ampiezza e la frequenza della 3ª portante, nei riguardi delle prime due, per evitare interferenze pericolose.

Fig. A-1. — Collegamento sbilanciato FU/FU. Prodotti di combinazione in uscita dal TOP. Condizioni come in figura 8.

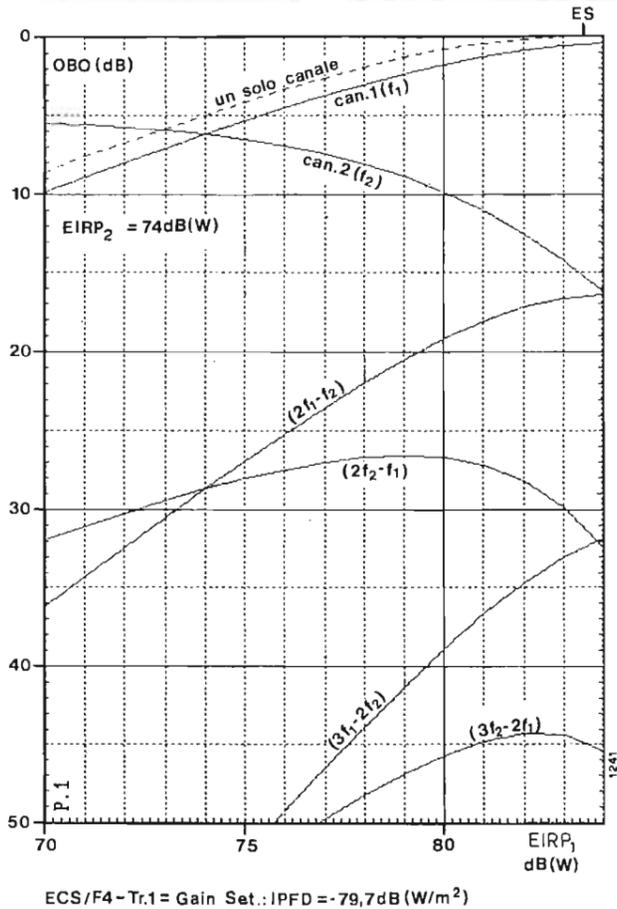



Fig. A-2. — Collegamento bilanciato FU/FU. Prodotti di combinazione in uscita dal TOP. Condizioni come in figura 9.

RINGRAZIAMENTI

L'autore vuole ringraziare il Dott. Francesco Rossi Doria, per la capacità e la diligenza posta nella stesura dei complessi programmi di calcolo e in particolare della grafica, necessari alla realizzazione e alla presentazione dello studio descritto. L'autore rivolge inoltre un caldo ringraziamento al Dott. Mario Stroppiana per l'aiuto e per i preziosi suggerimenti nello sviluppo analitico di alcune complesse funzioni matematiche e al Sig. Giuseppe Di Mattia della Telespazio per le misure e i complessi controlli dei livelli, eseguiti con grande cura sulla trasmissione verso satellite dei segnali sperimentali richiesti.

A.1 APPENDICE

Vengono calcolati i segnali in uscita dal TOP (v. par. 5.1 e 6). In analogia al formalismo già usato (v. 7.1.) si indicano le componenti di ciascuna riga con una lettera (Q, R, S). Si nota che i calcoli relativi alle fondamentali sono validi sia con due portanti all'entrata del TOP, sia con una soltanto; viceversa i calcoli qui esposti valgono solo se all'entrata sono presenti due portanti, perché per una sola portante i successivi valori delle righe dello spettro si azzerano.

A.2 SEGNALI IN USCITA DAL TOP ALLE FREQUENZE $(2F_1-F_2)$ E $(2F_2-F_1)$

[A.1] $V_u\ (2f_1-f_2)=Q_{3'}+Q_{5'}+Q_{7'}+Q_{9'}$ con:

[A.2] $$\begin{cases} Q_{3'}=(3/4)\ cH^2K \\ Q_{5'}=(5/8)\ eH^2K\ (2H^2+3K^2) \\ Q_{7'}=(105/64)\ gH^2K\ (H^4+4H^2K^2+2K^4) \\ Q_{9'}=(63/64)iH^2K(2H^6+15H^4K^2+20H^2K^4+5K^6); \end{cases}$$

[A.3] $OBO(2f_1-f_2)=-20\ \log_{10}\ \{ABS\ [V_u\ (2f_1-f_2)]\}$.

In modo analogo al passo precedente:

[A.1″] $V_u\ (2f_2-f_1)=Q_{3''}+Q_{5''}+Q_{7''}+Q_{9''}$

ove i valori $Q_{n''}$ sono ottenuti da $Q_{n'}$ (equazioni [A.2]) scambiando H con K; come sopra si ricava OBO $(2f_2-f_1)$.

A.3 SEGNALI IN USCITA DAL TOP ALLE FREQUENZE $(3F_1-2F_2)$ E $(3F_2-2F_1)$

[A.4] $V_u\ (3f_1-2f_2)=R_{5'}+R_{7'}+R_{9'}$ con:

[A.5] $$\begin{cases} R_{5'}=(5/8)\ eH^3K^2 \\ R_{7'}=(35/64)\ gH^3K^2\ (3H^2+4K^2) \\ R_{9'}=(63/64)\ iH^3K^2\ (3H^4+10H^2K^2+5K^4); \end{cases}$$

[A.6] $OBO(3f_1-2f_2)=-20\ \log_{10}\ \{ABS\ [V_u\ (3f_1-2f_2)]\}$.

Con procedimento analogo al precedente si ottengono $V_u(3f_2-2f_1)$ e $OBO(3f_2-2f_1)$.

A.4 SEGNALI IN USCITA DAL TOP ALLE FREQUENZE $(4F_1-3F_2)$ E $(4F_2-3F_1)$

[A.7] $V_u\ (4f_1-3f_2)=S_{7'}+S_{9'}$ con:

[A.8] $$\begin{cases} S_{7'}=(35/64)\ gH^4K^3 \\ S_{9'}=(63/128)\ iH^4K^3\ [4H^2+5K^2]; \end{cases}$$

[A.9] $OBO(4f_1-3f_2)=-20\ \log_{10}\ \{ABS\ [V_u\ (4f_1-3f_2)]\}$.

e in modo analogo si ricavano $V_u(4f_2-3f_1)$ e OBO $(4f_2-3f_1)$.

A.5 SEGNALI IN USCITA DAL TOP ALLE FREQUENZE $(5F_1-4F_2)$ E $(5F_2-4F_1)$

[A.10] $V_u\ (5f_1-4f_2)=(63/128)\ iH^5K^4$

[A.11] $OBO(5f_1-4f_2)=-20\ \log_{10}\ \{ABS\ [V_u\ (5f_1-4f_2)]\}$.

e allo stesso modo si ricavano $V_u(5f_2-4f_1)$ e OBO $(5f_2-4f_1)$.

Nelle Figure *A*-1 e *A*-2 sono indicati gli andamenti dei varî prodotti di combinazione uscenti dal TOP (OBO), relativamente al «Collegamento sbilanciato» FU/FU e al «Collegamento bilanciato» FU/FU fino a livelli di −50 dB rispetto alla massima potenza che il TOP può erogare in saturazione con una sola portante.

(3715)

BIBLIOGRAFIA

1. - PRITCHARD W., SCIULLI J. A. L.: *Satellite Communication System Engineering*. «Prentice Hall», 1986.
2. - RHODES J. D., CAMERON J.: *General Extracted Pole Synthesis Technique with Applications to Low-Loss TE_{011} Mode Filters*. «IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques», Vol. MTT 28, n. 9, Settembre 1980.
3. - Interim EUTELSAT: *Performance of the EUTELSAT I-F2 Satellite*. Doc. GT/T7, n. 105, 1985.
4. - HEYNISCH Hinrich: *Useful design criteria predict TWT intermod*. Microwaves, Marzo 1980.
5. - ORTA R., STROPPIANA M.: *Calcolo della statistica del rapporto portante/rumore di un collegamento via satellite*. Relazione Tecnica n. 82/7/I, RAI - Centro Ricerche, Torino, Aprile 1982.
6. - PACINI G. P.: *Collegamenti televisivi tramite Satellite ECS di riserva*. «Elettronica e Telecomunicazioni», n. 3, 1983.
7. - PACINI G. P.: *Satellite ECS 1ª generazione - Progetto delle caratteristiche tecniche per la trasmissione di segnali televisivi mediante «transponder» affittato su ECS di riserva*. Relazione Tecnica n. 83/5/I, RAI-Centro Ricerche, Torino, Marzo 1983.
8. - PACINI G. P.: *Confronto fra i satelliti ECS e OTS nella ricezione di segnali televisivi*, «Elettronica e Telecomunicazioni», n. 6, 1982.
9. - PACINI G. P.: *Impianti per collegamenti TV con satellite ECS/1*, «Elettronica e Telecomunicazioni», n. 5, 1984.
10. - PACINI G. P.: *Specifiche tecniche per impianti terminali riceventi nel servizio con satellite ECS*, Relazione Tecnica n. 85/6/I, RAI - Centro Ricerche, Torino, Maggio 1985.
11. - PACINI G. P.: *Studio e proposte per l'utilizzazione di un transponder del satellite ECS*, Relazione Tecnica n. 84/5/I, RAI - Centro Ricerche, Torino, Marzo 1984.
12. - PACINI G. P.: *Stazione mobile per riprese esterne tramite satellite ECS*, Relazione Tecnica n. 86/3/I, RAI - Centro Ricerche, Torino, Febbraio 1986.
13. - PACINI G. P.: *Ricevitore per radiodiffusione diretta da satellite a 12 GHz - Considerazione sulla testata a microonde*, «Elettronica e Telecominicazioni», n. 2, 1980.
14. - PACINI G. P.: *Ipotesi di collegamenti numerici HDTV col Satellite Olympus 2ª generazione nel pacco 30/20 GHz*, Relazione Tecnica n. 87/4/I, RAI - Centro Ricerche, Torino, Maggio 1987.
15. - PACINI G. P.: *Ricevitore per televisione diretta da satellite: Unità esterna*. Relazione Tecnica n. 84/20/I, RAI - Centro Ricerche, Torino, Novembre 1984.
16. - PACINI G. P.: *Ricezione diretta da satellite: Misure delle interferenze nella banda della 1ª FI*. Relazione Tecnica n. 83/19/I, RAI - Centro Ricerche, Torino, Novembre 1983.
17. - PACINI G. P.: *Ricevitore per televisione diretta da satellite: Unità esterna*. «Elettronica e Telecomunicazioni», n. 1, 1985.
18. - PACINI G. P., VITALONE R.: *Prospettive sulla ricezione televisiva diretta da satellite nell'attuale progresso tecnologico*. RIENA, Atti 35° Congresso per l'Elettronica, 1988.

CODIFICA DI SEGNALI TELEVISIVI AD ALTA DEFINIZIONE PER LA TRASMISSIONE NUMERICA VIA SATELLITE

G. BARBIERI *

SOMMARIO — I tempi tecnici necessari per l'introduzione di un vero e proprio servizio di televisione ad alta definizione (HDTV) dipendono in larga misura dalla disponibilità di canali di trasmissione ad elevata capacità, per applicazioni che riguardano sia il contributo che la distribuzione. Lo sviluppo tecnologico in atto lascia prevedere che in futuro verranno sviluppate reti di collegamento operanti ad una velocità di trasmissione di 565 Mbit/s; tuttavia, l'esigenza di avviare in tempi brevi alcune sperimentazioni tecniche di trasmissione impone di far fronte ad un certo numero di problemi legati soprattutto alla capacità relativamente contenuta degli attuali canali. Le tecniche di riduzione del bit rate sono oggi oggetto di studio in molti laboratori. Nel presente lavoro vengono evidenziati gli aspetti tecnici associati alle strategie di codifica di sorgente applicabili alla HDTV; inoltre, vengono discussi i risultati di una serie di indagini svolte sull'algoritmo DCT, mediante simulazione all'elaboratore elettronico, aventi lo scopo di valutare i fattori di merito e gli eventuali limiti del suddetto approccio. Sulla base dei risultati finora conseguiti, sembra possibile sviluppare un sistema di trasmissione HDTV numerico operante ad un bit rate lordo inferiore a 140 Mbit/s; sono in corso studi per verificare se, a più lungo termine, sia altresì realizzabile un servizio di diffusione via satellite nella gamma dei 60 ÷ 70 Mbit/s.

*SUMMARY — **Digital encoding of HDTV signals for applications in satellite transmission.** The time scale for the introduction of a real HDTV service, to a great extent depends on the availability of high-capacity transmission channels, both for contribution and distribution applications. The current technological advance makes it possible to foresee that digital networks, operating at a bit-rate up to 565 Mbit/s, will be developed in the future; however, in order to fulfill the requirements for a short term starting of some broadcasting experiments, the operational constraints posed by the bandwidth limitation of the existing channels must be taken into account. Bit-rate reduction techniques are currently being investigated in many laboratories. This paper outlines the technical aspects relevant to the source encoding strategies applicable to HDTV; moreover, it discusses the results of a campaign of investigations carried out on DCT algorithm, by means of a computer simulation, with the aim of evaluating the factors of merit and the limits of the above approach. On the basis of such results, the development of a HDTV digital-broadcasting system operating at a gross bit-rate lower than 140 Mbit/s appears to be possible; studies are in progress in order to ascertain if, at longer term, a satellite broadcasting in the range of 60-70 Mbit/s is also feasible.*

1. Introduzione

I primi tentativi di sperimentazione sulla televisione ad alta definizione risalgono al 1968 ma è solo con l'avvento degli anni '80 che gli studi per la formulazione delle specifiche di sistema e lo sviluppo dei relativi apparati hanno subito un impulso vertiginoso.

In Giappone è stato varato un piano per l'avvio, entro l'inizio degli anni '90, di un vero e proprio servizio di radiodiffusione via satellite di programmi HDTV (High Definition TV).

In Europa, a parte i vari esperimenti di produzione elettronica di film compiuti finora dalla RAI, esiste un progetto interindustriale, supportato dalla Comunità Europea (progetto Eureka EU95), avente come scopo lo sviluppo di una linea di apparati HDTV che dovrebbero coprire una vasta gamma di applicazioni sia nel settore della produzione dei programmi, sia in quello della ricezione. Le odierne realizzazioni nel campo delle fibre ottiche e dei satelliti, nonché i recenti progressi nelle tecnologie VLSI (Very Large Scale Integration), contribuiscono a rendere fatti in un futuro relativamente prossimo, una catena HDTV completa, dalla sorgente al ricevitore domestico.

L'uso di mezzi di trasmissione numerica, per reti sia di contributo che di distribuzione, impone che vengano risolti i problemi derivanti dall'elevata velocità di trasmissione richiesta dagli standard di produzione attualmente proposti.

Metodi per la riduzione del bit-rate sono oggetto di studio in vari laboratori; gli obiettivi perseguiti sono focalizzati su una vasta gamma di applicazioni, dalla videotelefonia alla televisione ad alta definizione. Molti di questi studi sono basati su principi comuni ma le diverse applicazioni impongono la scelta delle tecniche ritenute di volta in volta più appropriate.

Presso il Centro Ricerche della RAI è in corso una intensa attività di ricerca, condotta in collaborazione con l'industria nazionale, sui metodi di codifica numerica per segnali televisivi; la sperimentazione finora effettuata ha avuto come oggetto il segnale confor-

* Ing. Gianfranco Barbieri del Centro Ricerche RAI-Torino.

Dattiloscritto pervenuto alla redazione il giugno 1988.

me alla Raccomandazione 601 del CCIR (Comitato Consultivo Internazionale di Radiodiffusione) ed ha portato a contribuire alla attività normativa di alcuni organismi internazionali (CCIR, EBU) (bibl. 1, 2).

Gli studi attualmente in corso utilizzano come punto di partenza i suddetti risultati ed hanno come obiettivo il segnale televisivo numerico ad alta definizione.

2. Metodi di riduzione del bit-rate sviluppabili con le attuali tecnologie

Le odierne tecnologie offrono una vasta casistica di metodi per la riduzione del bit-rate di segnali televisivi; una descrizione esauriente di tali metodi è riportata in bibl. 3. In sintesi, si possono fare le considerazioni seguenti:

- In alcuni sistemi (ad esempio, quelli basati su tecniche DPCM/Differential Pulse Code Modulation) il segnale è trattato nello stesso dominio spazio-temporale nel quale è stato generato. In altri, esso è trasformato in un dominio di tipo «spettrale» prima di essere sottoposto a riduzione di ridondanza.
- Alcuni metodi fanno ricorso ad un sottocampionamento fisso (generalmente bi o tri-dimensionale) a cui è inevitabilmente associata una azione di filtraggio; in altri, più sofisticati, la rimozione di componenti spettrali avviene in modo adattativo in funzione del contenuto di informazione dell'immagine.
- I sistemi più semplici trattano l'informazione associata al solo contenuto spaziale mentre quelli più complessi agiscono anche sulle proprietà temporali, dovendo ricorrere, pertanto, all'uso di memorie di quadro.
- Nei sistemi più sofisticati si utilizzano tecniche di rivelazione e compensazione del movimento.

La scelta dell'algoritmo ottimale è frutto di un compromesso tra la complessità del codec e il costo della trasmissione; in particolare, la complessità del codec è un argomento difficile da puntualizzare data l'elevata dinamica di sviluppo dei circuiti VLSI.

Gli algoritmi basati su tecniche predittive possono assumere forme relativamente semplici se limitati al dominio spaziale associati a quantizzatori di tipo «sliding window»; oppure possono assumere configurazioni assai complesse se basati su predizione tridimensionale, con predittore commutato (ad esempio in modo adattativo in funzione dell'attività temporale dell'immagine) e codifica a lunghezza variabile.

A parità di efficienza risultano oggi fattibili con minor complessità circuitale codecs basati su algoritmi che abbinano la tecnica delle trasformate, in particolare la Trasformata Coseno Discreta (DCT), a quella della codifica a lunghezza variabile; a parità di complessità, gli studi in atto sembrano confermare che la DCT consente di ottenere rapporti di compressione del bit-rate sostanzialmente più elevati, pur mantenendo invariato l'obiettivo di qualità.

Gli studi, effettuati con lo scopo di valutare le potenzialità delle tecniche basate sulla DCT, hanno portato dapprima allo sviluppo di sistemi di riduzione del bit-rate relativamente semplici, aventi rapporto di compressione pari a circa 5:1; più recentemente, ricorrendo ad algoritmi maggiormente sofisticati, si sono ottenuti risultati soddisfacenti con rapporti di compressione superiori a 10:1.

3. Considerazioni sulla trasformata Coseno Discreta (DCT)

Utilizzando la versione bidimensionale della trasformata, l'immagine viene organizzata in blocchi di dimensioni prefissate, per ciascuno dei quali viene calcolata la trasformata; quest'ultima consiste in blocchi di coefficienti aventi le stesse dimensioni del blocco originario. Circa la trattazione teorica della DCT si rimanda alla bibl. 4.

Sono stati presi in considerazione blocchi di 4x4, 8x8 e 16x16 pixels, tenendo conto che all'aumentare delle dimensioni aumenta l'efficienza dell'algoritmo ma, insieme ad essa, aumentano anche il numero di operazioni e la precisione richiesta per rappresentare i coefficienti trasformati.

Il miglior compromesso consiste nell'impiego di blocchi 8x8 pixels. Il contributo degli 8x8 coefficienti trasformati alla fedeltà con cui l'immagine può venire ricostruita non è costante lungo il singolo blocco; in genere, i termini corrispondenti alla componente continua e alle componenti di bassa frequenza hanno un peso più importante e pertanto la precisione con cui essi vengono rappresentati (espressa in un numero di bit per coefficiente) può essere fatta variare seguendo una procedura adattativa. In base ai risultati finora conseguiti sembra ragionevole una lunghezza di parola aggirantesi sui $10 \div 11$ bit.

La riduzione di ridondanza viene effettuata sfruttando le proprietà statistiche dei coefficienti, la cui distribuzione è caratterizzata da una elevata concentrazione in prossimità del coefficiente che rappresenta la componente continua. In pratica i coefficienti vengono ordinati in modo da convertire la struttura bidimensionale del blocco in un flusso di dati unidimensionale; successivamente, essi vengono codificati secondo un codice di Huffman a lunghezza variabile, scelto in base a considerazioni statistiche svolte su un certo numero di immagini significative.

Si consegue un ulteriore risparmio di informazione trasmessa codificando con una determinata parola eventuali sequenze di coefficienti la cui ampiezza è inferiore ad una certa soglia o trasmettendo una segnalazione di fine blocco qualora tutti i coefficienti a valle di una data posizione siano inferiori alla soglia. Resta sottointeso che in sede di ricostituzione dell'immagine i suddetti coefficienti sono, a tutti gli effetti, trattati come zeri.

In figura 1 è illustrato lo schema di principio di un codificatore operante nel modo intrafield. Poiché la DCT bidimensionale è separabile, si può operare su un blocco 8x8 dapprima lungo le righe, disporre i risultati relativi ad ogni riga ancora lungo una riga e quindi operare sul risultato ottenuto procedendo secondo le colonne; quest'ultima operazione richiede la memorizzazione dei dati su otto righe televisive.

La elaborazione dei coefficienti viene eseguita mediante strutture di calcolo simili alla trasformata discreta veloce di Fourier, con notevole risparmio sul numero di operazioni.

Per aumentare l'efficienza del sistema, in vista di quelle applicazioni in cui è richiesto un elevato rapporto di compressione a parità di qualità globale, occorre sfruttare anche le caratteristiche temporali del segnale; dal punto di vista circuitale ciò comporta l'introduzione di una o più memorie di quadro.

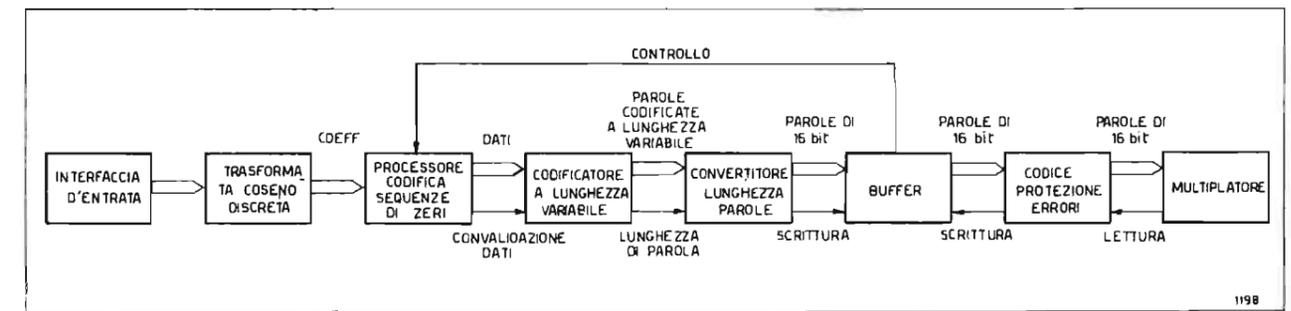



Fig. 1. — Schema di principio del codificatore DCT intrafied.

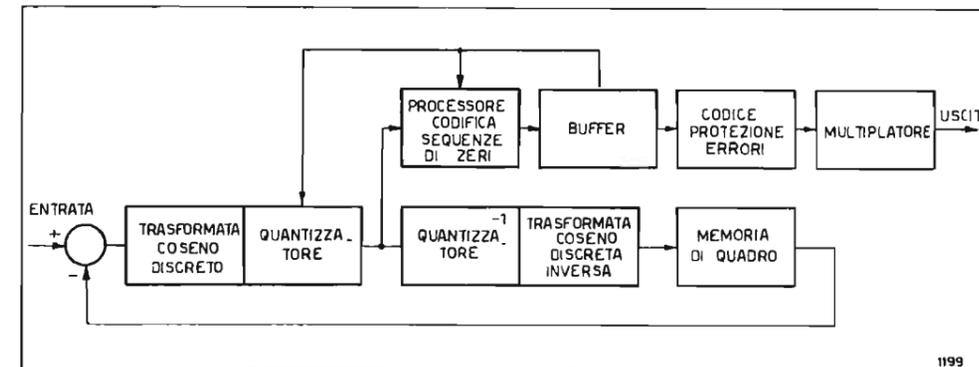



Fig. 2. — Schema di principio del codificatore DCT ibrido.

Una possibile soluzione basata sull'approccio spazio-temporale è illustrato sullo schema di massima di figura 2. La DCT viene ancora calcolata su blocchi di 8x8 termini, rappresentati ciascuno dalle differenze tra elementi di immagine omologhi presi su quadri consecutivi; è immediato valutare i vantaggi di un tale codificatore ibrido nel caso di sequenze di immagini in cui le aree fisse sono presenti statisticamente in misura non trascurabile.

4. Risultati sperimentali

Gli studi sui metodi di riduzione del bit-rate sono stati effettuati operando in simulazione con l'ausilio di un sistema di elaborazione che consente l'acquisizione e la visualizzazione, in tempo reale, di sequenze di immagini televisive a colori aventi durata massima di 90 secondi. Per ragioni pratiche, al fine di contenere i tempi di elaborazione entro limiti ragionevoli si è lavorato essenzialmente su una varietà di sequenze della durata di $3 \div 4$ secondi.

La sperimentazione della soluzione DCT intrafield ha portato ad ottimizzare un modello di codec operante ad un valor medio di bit/campione pari a circa 1.5 (1).

La qualità globale delle immagini è stata ritenuta idonea a soddisfare i requisiti della rete di distribuzione per la quale è accettata sui segnali co-decodificati una degradazione media di 0.5 nella scala CCIR a 5 punti.

Da parte dell'industria nazionale è stato sviluppato un codec basato sul modello suddetto, per la trasmissione a 34 Mbit/s di segnali televisivi numerici a 625 righe (bibl. 5, 6); le relative specifiche nonché i risultati di una campagna di prove soggettive per la valutazione delle prestazioni del sistema sono riportati nella già citata bibliografia 2.

È attualmente oggetto di studio la soluzione DCT ibrida. I risultati finora conseguiti permettono di fare le seguenti considerazioni:

- La riduzione di ridondanza ad un valore medio di 1,5 bit/campione consente di perseguire un obiettivo di qualità che sembra soddisfare i requisiti della rete di contributo; per quest'ultima applicazione si deve prevedere la possibilità di postprocessare il segnale a valle del collegamento, e una degradazione media di 0.5 dopo la connessione in cascata di almeno due codecs.
- L'efficienza dell'algoritmo in corrispondenza di 1,5 bit/campione è ancora sufficientemente elevata; ciò consente di procedere ulteriormente nella riduzione della ridondanza mentre per altri algoritmi, quali ad esempio quelli predittivi, il suddetto traguardo costituisce, allo stato attuale delle conoscenze, un limite inferiore non superabile senza che la qualità venga compromessa in modo inaccettabile.
- La qualità globale ottenuta scendendo a 0.8 bit/campione è stata ritenuta accettabile per applicazioni tipo rete di distribuzione.

(1) Si opera normalmente su segnali televisivi nel formato «in componenti», per i quali il contenuto di informazione alla sorgente è ripartito al 50% tra le componenti di luminanza e differenza di colore. I valori in bit/campione riportati nel presente lavoro si riferiscono a ciascuna delle suddette componenti prese singolarmente.

Gli studi attualmente in corso hanno come obiettivo la riduzione a 0.5 bit/campione; i risultati preliminari sono incoraggianti ma si prevede necessario un intenso lavoro di ottimizzazione degli algoritmi e, soprattutto, occorre procedere ad una verifica approfondita di tali risultati analizzando un numero sufficientemente rappresentativo di sequenze.

5. Riduzione del bit-rate per segnali HDTV

Lo standard di produzione HDTV è tuttora oggetto di acceso dibattito presso i competenti organismi internazionali e pertanto una valutazione del bit-rate del segnale alla sorgente può essere fatta, per il momento, soltanto sulla base di ipotesi. In pratica la discussione è focalizzata sulle proposte illustrate nella tabella I.

Tabella 1

PARAMETRI PRINCIPALI DEGLI STANDARD DI PRODUZIONE HDTV PROPOSTI AL CCIR.

Numero di righe di scansione (*)	1125 (1035)	1250 (1152)
Frequenza di quadro	30	50
Metodo di scansione	interallac.	progressivo
Campioni per riga attiva (luminanza)	1920	1920
Campioni per riga att. (differenza di colore	960	960

(*) Tra parentesi è indicato il numero di righe attive.

Nel caso indicato nella prima colonna, il numero totale di campioni ammonta a 1920x1035x2=3,97 10^6 campioni/quadro di cui la metà appartengono alla componente di luminanza e l'altra metà alle due componenti differenza di colore, mentre il bit-rate netto (relativo alla sola porzione attiva dell'immagine) vale 0,95 Gbit/s.

Nel caso della seconda colonna si hanno 1920 x 1152 x 2=4.42 10^6 campioni/quadro a cui corrisponde un bit-rate netto di 1,77 Gbit/s.

Poiché alcuni apparati da studio (ad esempio il registratore videomagnetico) si troverebbero al limite delle odierne possibilità tecnologiche dovendo operare con un bit-rate così elevato, viene proposto altresì uno standard intermedio destinato ad essere impiegato nella fase iniziale del servizio; lo standard intermedio differisce da quello della seconda colonna di tabella 1 nel modo di scansione (interallacciata a 25 quadri/s anziché progressiva a 50 quadri/s). Il numero di elementi attivi di immagine per quadro resta invariato mentre, grazie al dimezzamento della frequenza di scansione di quadro, il bit-rate netto si dimezza.

In base ai risultati riportati al punto 4 si possono fare alcune ipotesi circa le possibili prestazioni di una famiglia di codecs per segnali televisivi ad alta definizione, tenendo conto dei requisiti operativi e delle differenti applicazioni previste.

Per soddisfare ai requisiti della rete di contributo sembra necessario attestarsi attorno a valori di compressione aggirantesi sui 1,5 bit/campione; con riferimento agli standard di produzione proposti, si prevedono pertanto i seguenti valori teorici di bit-rate:

- 1,5 x 3,97 x 30=178,8 Mbit/s (sistema 1125/30)
- 1,5 x 4,42 x 25=165,8 Mbit/s (sistema 1250/50 interallacciato)
- 1,5 x 4,42 x 50=331 Mbit/s (sistema 1250/50 progressivo)

Sono in corso studi per valutare se, mediante un ulteriore affinamento degli algoritmi, è possibile ricondurre i primi due sistemi a funzionare entro il livello gerarchico dei 140 Mbit/s.

Per applicazioni concernenti la distribuzione (attraverso reti terrestri o via satellite) occorre tener conto che i parametri dello standard di produzione sono dimensionati in modo da assicurare quei margini operativi che solitamente risultano necessari per consentire la postprocessabilità del segnale; i valori di bit-rate precedentemente citati appaiono pertanto essere alquanto severi.

In particolare, la scansione progressiva rivela la sua utilità in quelle operazioni di trattamento dell'immagine ove è richiesta una migliore rappresentazione delle sue caratteristiche temporali; tuttavia, a causa della capacità trasmissiva che si verrebbe ad impegnare, non si può considerare praticabile un tale approccio tecnico nei servizi di distribuzione.

Gli obiettivi di qualità per la diffusione via satellite di segnali HDTV in canali a banda stretta (24÷27 MHz) sono oggetto di discussione al CCIR (bibl. 7). Con riferimento alle considerazioni svolte al punto 4, si può ritenere che un sistema di riduzione del bit-rate il quale realizzi una compressione a 0.8 bit/campione possa essere ritenuto conforme alle esigenze del servizio di diffusione.

Con riferimento al suddetto livello di compressione si presume che un codec sviluppato per applicazioni alla rete di distribuzione possa funzionare nella seguente classe di bit-rate netti:

- 0,8 x 3,97 x 30=95,3 Mbit/s (sistema 1125/30, interallacciato)
- 0,8 x 4,42 x 25=88 Mbit/s (sistema 1250/25 interallacciato).

I suddetti valori risultano, tuttavia, piuttosto elevati per i canali di trasmissione che, realisticamente, si possono prevedere attuabili nel prossimo futuro. Nel caso della trasmissione via satellite occorre fare i conti, in particolare, con il rumore di canale che, generalmente, richiede l'impiego di adeguati codici di protezione con inevitabile aumento del bit-rate totale.

Nel caso in cui gli studi in corso confermino la fattibilità, seppure in prospettiva futura, di un sistema di compressione a 0,5 bit/campione si otterrebbero i seguenti valori netti:

- 0,5 x 3,97 x 30=59,5 Mbit/s (sistema 1125/30, interallacciato)
- 0,5 x 4,42 x 25=55 Mbit/s (sistema 1250/25, interallacciato).

In entrambi i casi verrebbe lasciato sufficiente margine per sviluppare un multiplex operante nella fascia dei 60÷70 Mbit/s, con adeguata capacità trasmissiva per i codici di protezione e per tutte le restanti informazioni che si riterrà necessario inserire (audio, dati ed eventuali segnali ausiliari).

6. Fattibilità hardware

Sulla base della complessità circuitale risultante dalla realizzazione del codec a 34 Mbit/s per segnali a 625 righe, è possibile fare le seguenti considerazioni circa lo sviluppo di un analogo apparato per segnali HDTV, operante secondo gli stessi principi:

- I dati provenienti dall'interfaccia d'entrata vengono scritti in una memoria tampone veloce, organizzati in modo opportuno e distribuiti ad un certo numero (4÷5) di codificatori DCT operanti in parallelo. L'unica funzione comune rimane il processore controllato dal riempimento del «buffer» di trasmissione.
- A parte gli stadi iniziale e finale, tutte le altre funzioni del codec (DCT, quantizzazione, codifica a lunghezza variabile, protezione dagli errori e memoria di quadro, nel caso della versione ibrida) operano a velocità ridotta e possono pertanto venire svolte da componentistica HCMOS.
- L'impiego delle tecnologie HCMOS consente un elevato grado di integrazione (particolarmente importante se si tiene conto che il numero globale di gates per un codec in versione HDTV può essere stimato 4÷5 volte superiore a quello di un corrispondente codec per segnali convenzionali).
- Si può ritenere che la dissipazione globale di un codificatore HDTV venga contenuta nella misura di 70÷100 watt contro gli attuali 15 watt del codificatore a 34 Mbit/s.

7. Conclusioni

La codifica numerica dei segnali televisivi ad alta definizione è caratterizzata da un bit-rate, alla sorgente, aggirantesi sul Gbit/s ed oltre. Il problema di ricondurre tale velocità a valori compatibili con la capacità trasmissiva dei canali realizzabili oggi, o nell'immediato futuro, è oggetto di intensi studi.

Le attuali tecnologie consentono di sviluppare algoritmi ad elevata efficienza, mediante i quali la quantità di informazione utile da trasmettere viene sostanzialmente ridotta sfruttando le ridondanze intrinseche nel segnale di sorgente.

La sperimentazione, effettuata principalmente in Italia, sulle potenzialità della Trasformata Coseno Discreta ha permesso finora di verificare la fattibilità di sistemi in cui l'informazione viene compressa di un rapporto variabile tra circa 5:1 e circa 10:1, pur restando i livelli qualitativi conformi alle specifiche imposte dalle esigenze del servizio.

Nelle reti di contributo, ove il segnale deve sottostare a particolari requisiti dettati dalla normale prassi produttiva, è realistico prevedere adeguato un bit- rate netto aggirantesi sui 160÷180 Mbit/s; tenendo conto delle possibili gerarchie trasmissive risulterebbe necessario ricorrere ad un multiplex da 2x140 Mbit/s. Si tenga tuttavia presente che lo sviluppo di una rete operante a tale velocità non sembra realizzabile se non a tempi lunghi; un obiettivo da perseguire con urgenza appare pertanto quello di migliorare l'efficienza degli attuali algoritmi in modo da consentire lo sviluppo di apparati il cui funzionamento rientri nel livello gerarchico dei 140 Mbit/s.

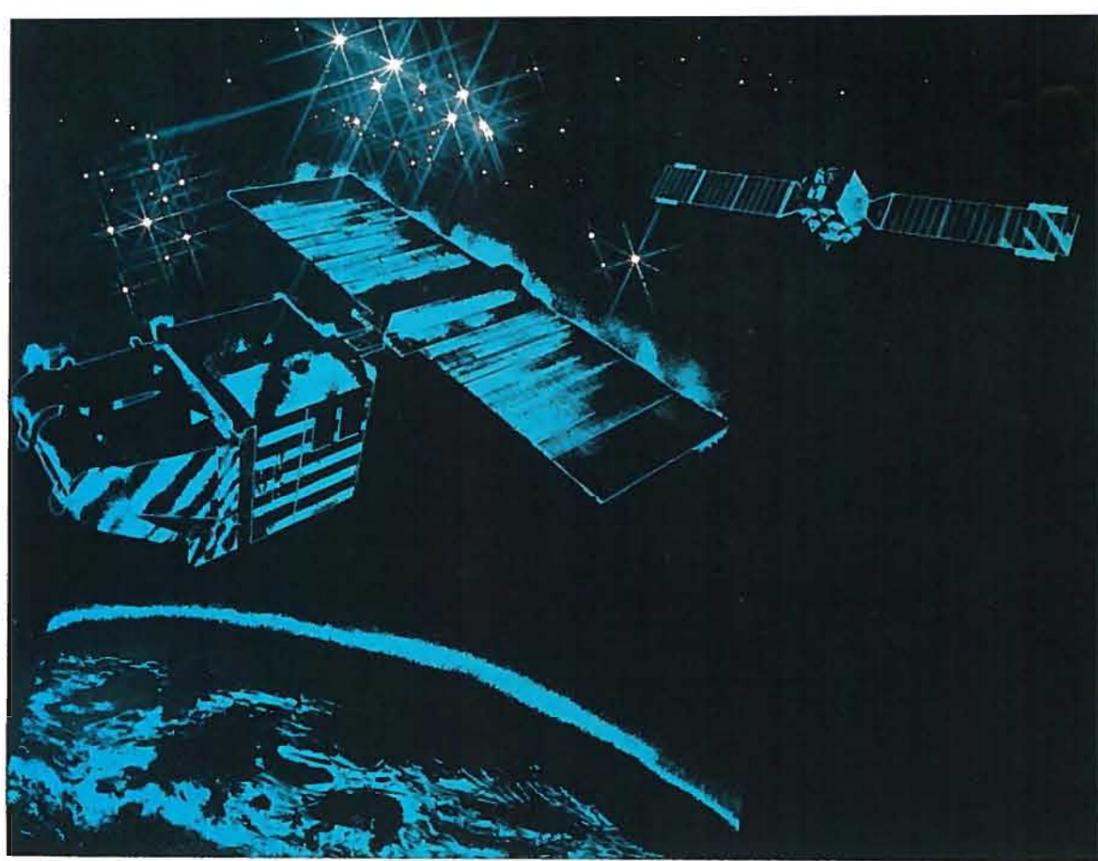
Circa la distribuzione, in particolare la diffusione via satellite, i risultati della sperimentazione finora condotta hanno dimostrato che un bit-rate aggirantesi sui 90÷100 Mbit/s netti, da assegnare all'immagine codificata, è sufficiente a garantire gli obiettivi di qualità proposti.

Sembrano tuttavia esistere sufficienti margini per portare, con un maggior affinamento degli algoritmi, e in una prospettiva a più lungo termine, la compressione dell'informazione a livelli più spinti; in particolare sembra possibile ottenere velocità di codifica di poco inferiore a 60 Mbit/s netti.

Si ritiene opportuno sottolineare il carattere del tutto preliminare dei risultati; sono in corso studi per verificare l'attendibilità di tale ipotesi che, se si dimostrasse fattibile, consentirebbe di realizzare un sistema di trasmissione di televisione ad alta definizione ad un bit-rate operante nella fascia 60÷70 Mbit/s, comprensivi della codifica d'errore, dell'audio e dei segnali ausiliari.

(3711)

BIBLIOGRAFIA

1. - CCIR - Doc. 11/88 (1986-1990): *Transmission of television signals on digital networks at H2 CCITT access level.*
2. - CCIR - Doc. IWP 11/7 (1986-1990): *DCT coding of 4:2:2 television signals for transmission at 34 Mbit/s: subjective tests.*
3. - CCIR - Report 1089: *Bit-rate reduction for digital television signals.*
4. - MAKHOUL J.: *A fast cosine transform in one and two dimensions.* «IEEE Trans. On Acoustics, Speech, Signal processing», Vol., ASSP-28, n. 1, Febbraio 1980.
5. - CESA, MODENA, SICURANZA: *2D DCT intrafield coding on high-quality TV signals.* Conference on DSP, Firenze 1987.
6. - CUCCHI, MODENA: *Component coding of TV signal using intrafield DCT transform: simulation results and considerations about hardware complexity.* 5° World communication Forum, Geneve, ottobre 1987.
7. - CCIR - Doc. 10-11S/91 (1986-1990): *High definition Television by Satellite.* CCIR Report 1075.

LA RICEZIONE TELEVISIVA DIRETTA DA SATELLITE NELL'ATTUALE PROGRESSO TECNOLOGICO

G. P. PACINI, R. VITALONE *

SOMMARIO — A undici anni dalla «Conferenza Amministrativa Mondiale delle Radiocomunicazioni per la Radiodiffusione da Satellite» (WARC '77) lo sviluppo della tecnologia dell'Arseniuro di Gallio ha reso disponibili sul mercato componenti a stato solido aventi caratteristiche a microonde notevolmente superiori a quelle disponibili all'epoca della pianificazione. Inoltre, si dispone adesso di maggiori conoscenze nel campo della caratterizzazione elettromagnetica delle strutture propagative di tipo planare e sono stati effettuati approfonditi studi al fine di ottimizzare il progetto delle antenne per comunicazioni via satellite in termini di rendimento, isolamento di polarizzazione e riduzione della irradiazione di energia fuori asse. È possibile oggi realizzare ricevitori di alta qualità, o piuttosto di ridurre i costi, semplificando la struttura per applicazioni di tipo commerciale, mantenendone le caratteristiche conformi alla normativa emanata dalla WARC '77. Il presente articolo prende inoltre in esame le principali caratteristiche di un ipotetico sistema DDS a 23 GHz per HDTV. Considerando la differente problematica connessa all'impiego di segnali di tipo numerico e alle più severe caratteristiche propagative, è prevedibile che un tale servizio richiederà un maggiore sforzo, sia in termini di potenza installata, sia a bordo del satellite, sia negli apparati riceventi di terra.

*SUMMARY — **Direct TV reception by satellite in the present technological development.** Eleven years after the WARC '77 Plans, the technological development has put on the market new solid-state low-noise components with characteristics higher than those available at the planning setup. Moreover, a deeper knowledge exists as regards the design for the antenna suitable for satellite links and the electromagnetic characterization of the propagation characteristics of planar substrates. Today, this makes it possible to implement high-quality receivers, or rather to reduce costs, simplifying the structure for commercial implementations, maintaining the characteristics according to the WARC '77 standard. Moreover, this paper examines the possibility to set up a hypothetical 23 GHz DDS system for HDTV, taking into account the different problems involved in the use of digital signals and the severe propagation characteristics. A higher burden is expected both for the power of on-board and earth transmitting equipment.*

1. Introduzione

La RAI fino dagli anni precedenti la «Conferenza Amministrativa Mondiale delle Radiocomunicazioni per la Radiodiffusione da Satellite» tenuta a Ginevra nel 1977 (WARC '77) e negli anni seguenti ha partecipato in modo consistente a studi concernenti la Diffusione Diretta da Satellite (DDS) sia nell'ambito della pianificazione, sia in quello normativo, sia in quello sperimentale. In tale ambito il Centro Ricerche della RAI ha, tra l'altro, progettato e realizzato un prototipo dell'unità esterna a componenti discreti non integrati per un ricevitore di tipo individuale con antenna da 90 cm, diametro minimo previsto dalla WARC '77 (bibl. 1) con caratteristiche che, per quei tempi, potevano essere considerate professionali.

In questi undici anni seguenti la Conferenza, sono stati eseguiti studi, redatte memorie e articoli che hanno approfondito il problema DDS sotto i suoi molteplici aspetti.

Quanto di nuovo oggi può essere considerato e con l'intento di restare nell'ambito della pianificazione WARC '77, è il progresso tecnologico nei dispositivi a microonde, in particolare la nuova componentistica a basso rumore sviluppata in questi ultimi tempi, e l'approfondimento, mediante modelli matematici, degli studi riguardanti l'antenna per ottenere migliori prestazioni nel duplice aspetto della protezione alle interferenze e di rendimenti più elevati.

Per quanto concerne i dispositivi a basso rumore l'HEMT (High Electron Mobility Transistor), è entrato in concorrenza col GaAsFET (Gallium Arsenide Field Effect Transistor) a partire dagli inizi degli anni '80 e già oggi è disponibile sul mercato, con caratteristiche di rumore e guadagno associato, superiori ai dispositivi fin'ora utilizzati e con miglioramento tanto più sensibile quanto più alta è la frequenza. I costi, per alti quantitativi, in questi ultimi mesi sono precipitati dalle centinaia di migliaia di lire, alle decine di migliaia di lire, e tutto fa prevedere che nel giro di breve tempo, come già avvenne per i GaAsFET, i prezzi saranno sempre più competitivi. Per questo motivo possono essere considerati componenti adatti ad apparati domestici dei prossimi anni.

(*) Ing. Giulio Paolo Pacini, ing. Roberto Vitalone del Centro Ricerche della RAI-Torino.

Dattiloscritto pervenuto alla redazione il 3 giugno 1988. Memoria presentata al 35° Congresso per l'Elettronica, RIENA, Roma, marzo 1988.

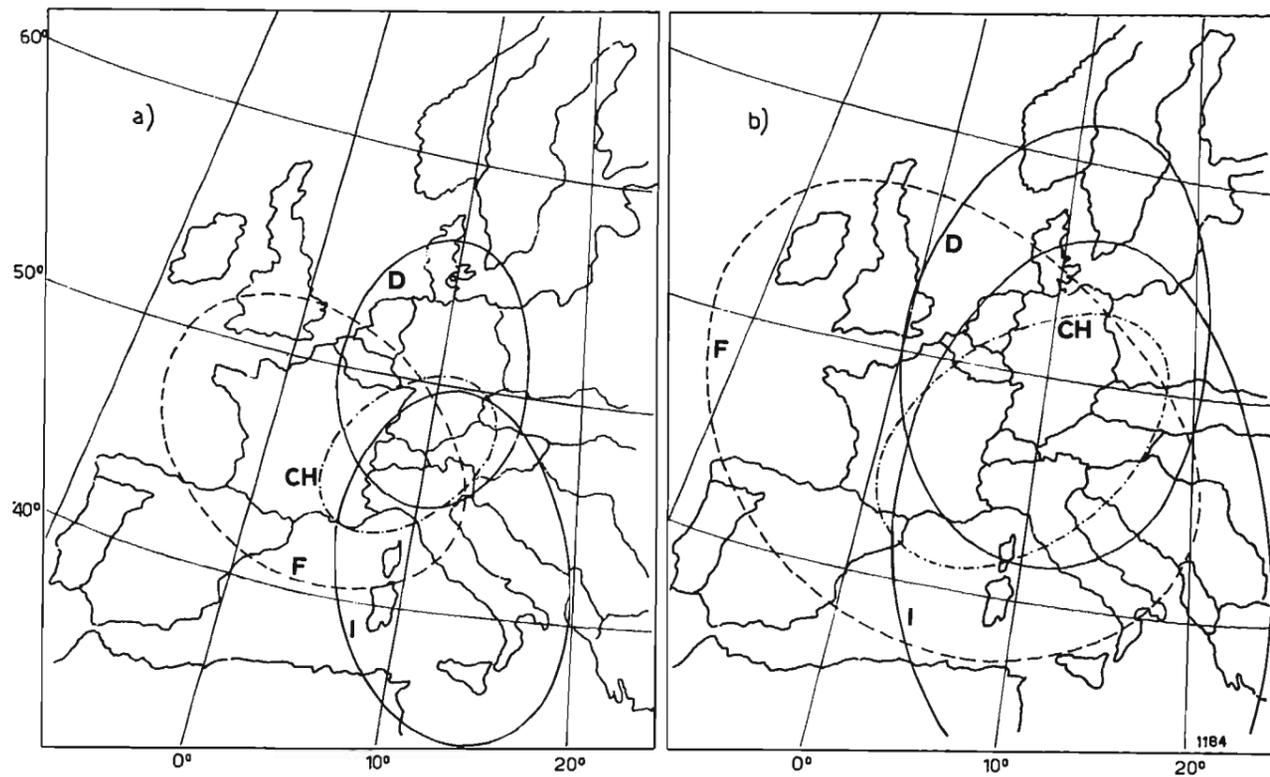



Fig. 1. — Puntamento nominale; Meteo: 99% del mese peggiore. Aree di servizio per alcuni paesi europei secondo pianificazione WARC '77.
a) Ellissi a −3 dB con flusso di potenza al contorno, $\mathcal{P} \cong -105$ dB (W/m^2) [$\mathcal{P} = -103$ dB (W/m^2) secondo il piano].
b) Ellissi a −8 dB con flusso di potenza al contorno $\mathcal{P} \cong -110$ dB (W/m^2).

In Appendice vengono brevemente descritte le prestazioni insieme al principio fisico che li caratterizza.

Per quanto concerne invece le prestazioni dell'antenna, studi e sperimentazioni approfondite hanno consentito di progettare elementi radianti che, utilizzando «superfici corrugate», realizzano caratteristiche decisamente superiori ad altri tipi di antenne. Con esse è possibile ottenere: diagrammi di radiazione eguali nei due piani principali, ciò che consente di raggiungere alti isolamenti di polarizzazione incrociata e alti rendimenti; lobi laterali alquanto ridotti e basso «spill over» con conseguente bassa temperatura di antenna ed elevati rendimenti (talora superiori al 70%).

A tale proposito, nei riguardi della protezione in area di servizio dalle interferenze provenienti da altri satelliti del sistema e ricordando che il passo di posizione del satellite sull'orbita geostazionaria è di 6° (visti dal centro della terra), va tenuta presente una regola seguita nella pianificazione.

I canali che potrebbero dare luogo a interferenze provenienti:

I) dalla stessa posizione orbitale: sono canali adiacenti e contropolari
II) da posizioni orbitali a ±6°, 12°, 18°
sono: a) canali adiacenti e copolari
b) canali isofrequenti e contropolari.

Questa regola è quasi del tutto generale, salvo per quelle situazioni geografiche per cui è impossibile l'interferenza.

Allo scopo di valutare quanto più elevate possano essere le prestazioni di un ricevitore attuale rispetto a quelle prevedibili negli anni della WARC '77, si indicano le prestazioni che potrebbe avere un ipotetico ricevitore di tipo individuale con antenna da 90 cm (come previsto dalla WARC '77) che sfruttasse in pieno le nuove conoscenze e le nuove tecnologie.

Si fa riferimento alla tabella 1 per il calcolo del fattore di merito G/T del sistema ricevente descritto nell'esempio che segue; in essa è indicato anche il valore dei simboli usati.

La temperatura operativa del sistema $T_s = T_a + \Delta T_a + [(F/\alpha) - 1]T_o$, utilizzando all'entrata del ricevitore un amplificatore HEMT con figura di rumore $F = 1{,}5$ dB e tenuto conto della temperatura d'antenna T_a misurata su prototipo, di un aumento $\Delta T_a = T_M\ [1 - 10 \uparrow (-\alpha_p/10)]$, per pioggia corrispondente al 99% del mese peggiore, potrebbe essere ridotta a 323 °K corrispondenti a 25 dB (°K).

Un riflettore da 90 cm di diametro illuminato da una flangia corrugata può fornire un guadagno superiore a $G \cong 39$ dBi. In base a tale ipotesi il fattore di merito operativo del ricevitore risulterebbe $G/T \cong 13$ dB (°K^{-1}) (v. Tabella 1).

La ricezione televisiva diretta da satellite nell'attuale progresso tecnologico

Tabella 1

Calcolo del fattore di merito G/T operativo per un sistema ricevente che sfrutta le nuove possibilità messe a disposizione dai recenti progressi tecnologici.

Si definisce, nell'esempio descritto, il fattore di merito operativo in rapporti di potenza:

$$\frac{G}{T} = \frac{\beta\, G_r}{T_a + \Delta T_a + (F/\alpha - 1)\, T_o} = \beta\, \frac{G_r}{T_s}$$

— Guadagno antenna da 90 cm di diametro $G_r = 39{,}3$ dBi

— Perdite di accoppiamento $\alpha = -0{,}5$ dB

— Temperatura antenna a cielo chiaro $T_a = 85$ °K

— Aumento di T_a per il 99% del mese peggiore $\Delta T_a = 68$ °K

— Temperatura equivalente di rumore $(F/\alpha - 1)T_o = 170$ °K del ricevitore

— Temperatura equivalente totale del sistema $T_s = 323$ °K

— Errore puntamento iniziale dell'antenna $\varphi_1 = \pm 0{,}3°$

— Stabilità del puntamento $\varphi_2 = \pm 0{,}2°$

— Spostamento satellite rispetto posizione nominale $\varphi_3 = \pm 0{,}1°$

— Totale errore puntamento $\varphi = \sqrt{\varphi_1^2 + \varphi_2^2 + \varphi_3^2} = 0{,}375°$

— Apertura a metà potenza del fascio d'antenna $\varphi_o = 1{,}8°$

— Perdita per errore puntamento $\Delta G_r = 12\ (\varphi/\varphi_o)^2 = 0{,}5$ dB

— Perdita invecchiamento e polarizzazione $\beta_o = 0{,}7$ dB

— (G/T) operativo: $G/T = G_r - \Delta G_r - \beta_o - 10 \log_{10} T_s = 13$dB (°K^{-1})

Tenuto conto che l'ellisse di copertura a −3 dB fornita dalla WARC '77 aveva un flusso di potenza al contorno $= -103$ dB (W/m^2), per effetto della riduzione della potenza di bordo di ~ 1.8 dB (TOP da 230 W anziché 350 W), oggi l'ellisse a −3 dB è da considerarsi avente ai bordi dell'area di servizio un flusso di potenza $\mathcal{P} \cong -105$ dB (W/m^2) per il 99% del mese peggiore, corrispondente ad un EIRP (Effective Isotropic Radiated Power) = 59.5 dB (W) irradiata (valore a cielo chiaro).

Tali valori forniscono un rapporto portante/rumore al ricevitore $C/N = G/T + 6{,}5$ dB da diminuirsi di ~ 0.5 dB per il contributo della tratta in salita. Si ottiene in tale caso un rapporto $C/N \cong 19$ dB ossia 5 dB superiore ai 14 dB richiesti dalla WARC '77 per le stesse percentuali di tempo. Ciò vuol dire che il valore $C/N = 14$ dB lo ritroviamo ai bordi un'area di copertura più grande ove il flusso a terra è $\mathcal{P} \cong -110$ dB (W/m^2) corrispondente a 8 dB inferiore al valore che si ha sull'asse del fascio.

Nella figura 1*b* sono state tracciate queste ellissi, paragonate a quelle risultanti dalla pianificazione WARC '77 (fig. 1*a*) per alcuni paesi europei (Italia, Svizzera, Germania Ovest (Pol. 2); Francia (Pol. 1) che hanno il satellite posizionato a 19° ovest.

Tuttavia non è sufficiente l'incremento del G/T per accettare questo risultato. Bisogna tenere presente che

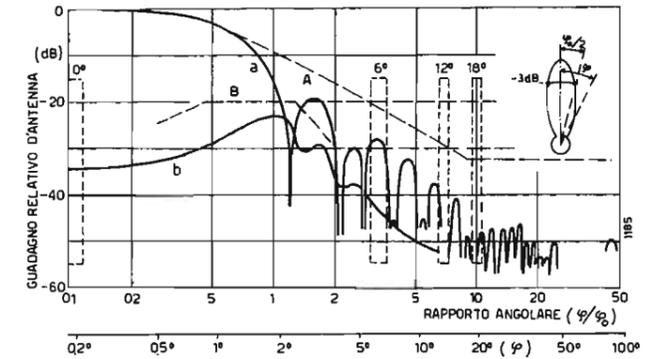



Fig. 2. — Diagramma polare (*a*) e contro polare (*b*) misurati su un'antenna da 90 cm di diametro realizzata nel Centro Ricerche della RAI. Sono indicate le maschere di riferimento (*A*) e (*B*) e le finestre angolari (a tratteggio) di provenienza delle interferenze.

nella ricezione di segnali deboli devono essere soddisfatte 2 condizioni:

A) il fattore di merito G/T dell'impianto ricevente deve essere aumentato di una quantità almeno corrispondente alla diminuzione del segnale da ricevere;

B) deve rimanere inalterato il rapporto portante/interferenza stabilito dal piano.

La 1ª condizione è verificata. La 2ª lo è pure se i diagrammi polari e contropolari risultano al disotto delle maschere di riferimento di un valore corrispondente alla diminuzione del flusso a terra, nel caso ipotizzato 5 dB, nella direzione di provenienza delle interferenze: 0°, ± 6°, 12°, 18°.

Nella figura 2 sono tracciati i diagrammi polare (*a*) e contropolare (*b*) misurati su un'antenna da 90 cm, realizzata nel Centro Ricerche della RAI con flangia corrugata; sono inoltre indicate a tratteggio le finestre angolari da cui provengono le interferenze e le due maschere polare (*A*) e contropolare (*B*) di riferimento. Dall'esame del grafico risulta che anche la 2ª condizione è verificata.

Le considerazioni svolte ed espresse in forma grafica nella figura 1, non vogliono tanto portare alla realizzazione di un ricevitore di altissima qualità, quanto piuttosto, nel rispetto delle intenzioni precisate nella WARC '77 per un servizio nazionale, alla realizzazione di un ricevitore che, sfruttando i progressi compiuti nelle varie discipline che lo interessano, possa avere caratteristiche migliori, ma soprattutto bassi costi per un prodotto di tipo «consumer».

2. Sfruttamento delle migliori prestazioni

Potendo disporre di un margine di 5 dB rispetto alle prescrizioni WARC '77, già tenendo conto della minor potenza del Tubo ad Onde Progressive (TOP) di bordo, si possono ipotizzare varie soluzioni per sfruttare questa favorevole situazione. Se ne esaminano alcune:

1) lasciare le cose come stanno nell'esempio illustrato, allargando le ellissi di copertura come indicato nella figura 1. Ciò non comporta riduzione di costi, però

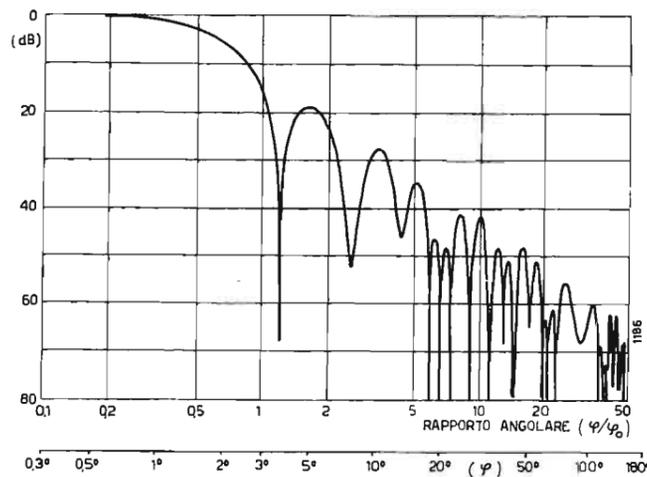



Fig. 3. — Diagramma di radiazione calcolato per un'antenna da 60 cm di diametro realizzata con flangia corrugata.

può essere una soluzione stimolante per alcuni utenti per il doppio vantaggio: *a*) ricezione del satellite nazionale con rapporti segnale/rumore molto elevati e quindi ottima qualità; *b*) ricezione di satelliti stranieri con qualità paragonabile a quella proposta dalla WARC '77 per il satellite nazionale.

2) Riduzione delle dimensioni dell'antenna da 90 a 60 cm. Ciò comporterebbe una riduzione di ~ 3,5 dB dei 5 dB disponibili. In questo caso però le condizioni per la riduzione del diametro devono rispettare anche la 2ª delle condizioni indicate in precedenza. La condizione *A*) è verificata; la condizione *B* è pure verificata e ciò è stato dimostrato con uno studio condotto nel Centro Ricerche della RAI e descritto in bibl. 1. Esso è consistito nel verificare se fosse garantito il valore del rapporto portante/interferenza stabilito dal piano.
Sono stati calcolati tali rapporti in corrispondenza delle finestre angolari a ± 6°, 12°, 18° ed è stato calcolato il valore dei lobi laterali per tale antenna realizzata anch'essa con illuminatore corrugato. Il corrispondente diagramma di radiazione, è stato tracciato in figura 3. L'esito è stato positivo giacché tale diagramma risulta contenuto nelle maschere ivi proposte per l'antenna da 60 cm (bibl. 1).
3) Riduzione della qualità e/o del numero dei componenti per la realizzazione dell'unità esterna.

A) Uso di componenti Low-cost. Il progresso della tecnologia dell'Arseniuro di Gallio ha reso disponibili sul mercato GaAsFET di tipo General-Purpose Low-Cost, aventi caratteristiche di guadagno e cifra di rumore migliori di quelle dei dispositivi a basso rumore disponibili all'epoca della pianificazione del servizio DDS.

B) Uso di mescolatori di tipo attivo. Tali dispositivi realizzano la conversione di frequenza utilizzando un GaAsFET, che può essere anche di tipo low- cost, come elemento non lineare e presentano un guadagno di conversione pari a 7-9 dB, con una cifra di rumore simile a quella dei convertitori passivi realizzati con diodi Schottky (5-6 dB). Tale cifra di rumore può peraltro essere ridotta fino al valore di 3 dB, a scapito però del guadagno di conversione che diminuisce decisamente.
Tenuto conto della perdita di conversione che si avrebbe con un mescolatore passivo (5-6 dB), l'uso di uno attivo offre un miglioramento pari a 12-15 dB. Ciò consente di utilizzare un preamplificatore costituito da un unico stadio, mantenendo entro il margine sopra indicato le caratteristiche di rumore dell'intera unità esterna (F=5 dB), con il risparmio di due GaAsFET.

C) Uso di mescolatori autooscillanti. L'introduzione di un tale dispositivo elimina la necessità di avere un oscillatore separato, con il risparmio di un ulteriore GaAsFET. Il guadagno di conversione e la cifra di rumore dei mescolatori di questo tipo sono dell'ordine di 5 e 6 dB rispettivamente. Ciò produce un deterioramento delle caratteristiche di rumore dell'unità esterna (F=5,6 dB), ancora entro il margine.

D) Introduzione di geometrie planari di tipo misto (bibl. 2). L'uso di linee in MicroStrip (fig. 4*a*), depositate sulla faccia superiore del substrato, e di strutture di tipo Coplanare (fig. 4*c*, *d*) e Slot (fig. 4*b*), ricavate smetallizzando l'inferiore, consente di combinarne i vantaggi, permettendo la realizzazione di giunzioni sia di tipo serie che parallelo, l'inserzione di componenti discreti in qualunque configurazione circuitale ed elimina la necessità di forare il substrato.
Con tale tecnica è possibile utilizzare procedimenti di lavorazione che presentano minori limitazioni di tipo tecnologico, costo inferiore e migliori caratteristiche di riproducibilità, rispetto ad analoghe strutture realizzate interamente in microstriscia. La produzione delle maschere e l'attacco chimico del rame risultano infatti molto semplificati dal fatto che la scelta di un substrato, di opportuni spessore e costante dielettrica, assicura la presenza di linee e gap le cui minime dimensioni non superano i limiti dei processi di lavorazione dei comuni circuiti stampati (0,1-0,2 mm).

Tra le strutture esaminate, la SlotLine è l'unica che possiede l'importante caratteristica di presentare una frequenza di taglio quando viene inserita in un contenitore metallico (FinLine). Questo fa sì che essa abbia una caratteristica di tipo passa alto che può essere sfruttata per realizzare un prefiltraggio a basse perdite della banda immagine (9-9,8 GHz). Presso il Centro Ricerche della RAI è attualmente allo studio una struttura di tipo SlotLine a doppio strato dielettrico e sono stati ottenuti risultati preliminari che sembrano promettenti.

Tale effetto filtrante può essere raggiunto più efficacemente utilizzando una tradizionale guida metallica, a prezzo però di un maggiore ingombro e di una più costosa lavorazione meccanica.

3. Diffusione diretta in HDTV nella banda dei 23 GHz

Sono state allocate per applicazioni DDS le bande di frequenza 12, 23, 42 e 85 GHz. La banda 22,5-23 GHz è soggetta all'Articolo 14 delle Radio Regolamentazioni per le Regioni 2 e 3. Non è stato allocato il servizio DDS per la Regione 1, mentre le bande 42 e 85 GHz sono allocate per tutte le Regioni.

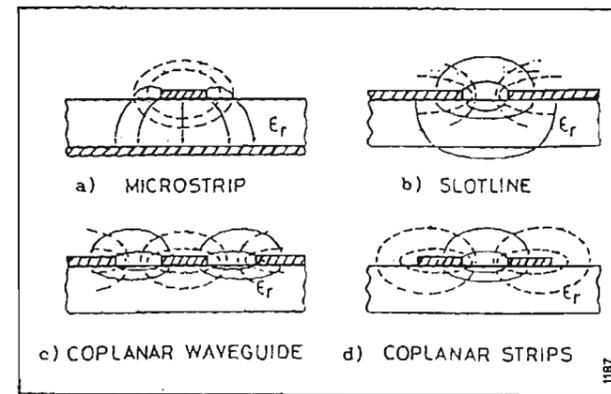



Fig. 4. — Principali strutture propagative a microonde.

Nella 1ª sessione (1985) della Conferenza Mondiale Amministrativa sull'uso dell'Orbita Geostazionaria (WARC-ORB) è stato preso atto della richiesta dei paesi europei di una nuova banda DDS per uso HDTV (High Definition TV), per una possibile allocazione intorno ai 20 GHz; la questione è stata posta in Agenda per la 2ª sessione del 1988.

Nella Regione 1 parte di tale banda è allocata per servizi fissi, intersatellite, mobili. Sarà necessario un consenso tra i paesi membri dell'UIT (Unione Internazionale di Telecomunicazioni) della Regione 1 per organizzare una Conferenza Regionale allo scopo di riordinare la banda dei 23 GHz, decisione che non può essere assunta dalla WARC ORB '88 in cui non prendono parte i Gruppi di Studio 4 (inter-satellite), 8 (mobile e 9 (fisso). Il parere degli esperti è che sarà possibile organizzare una appropriata Conferenza entro il 1995 (bibl. 3-4). Alcuni studi, anche se non derivanti da una vera pianificazione, fanno prevedere, per la banda 22,5-23 GHz, due canali per paese nella Regione 1.

La potenziale maggior larghezza di banda a 23 GHz rende questa zona dello spettro attraente per HDTV tenuto anche conto delle altissime attenuazioni, dei problemi tecnologici e delle potenze degli apparati connessi con l'uso delle bande 42 e 85 GHz.

In realtà sono relativamente scarse oggi le conoscenze sull'effetto dell'atmosfera oltre i 20 GHz. Sono stati raccolti comunque molti dati che permettono qualche previsione e che confermano le maggiori difficoltà rispetto ai 12 GHz. Gli ordini di grandezza, per il centro Europa, sono: l'attenuazione a cielo chiaro passa da ~ 0,3 a 2 dB tra 12 e 23 GHz per effetto dell'assorbimento molecolare dei gas e vapore d'acqua; l'attenuazione supplementare, valutata per il 99% del mese peggiore passa da 1,5÷1,8 dB a 4,5÷6,5 dB; XPD (Cross Polar Discrimination) per la stessa percentuale di tempo da 30 dB a 25 dB; la temperatura del cielo da 85 °K a 200 °K.

Ciò fa prevedere maggiori potenze necessarie per gli apparati di bordo e più alte temperature operative del sistema ricevente a terra, oltre a una necessaria notevole compressione del segnale HDTV per ridurre quanto possibile la banda equivalente di rumore.

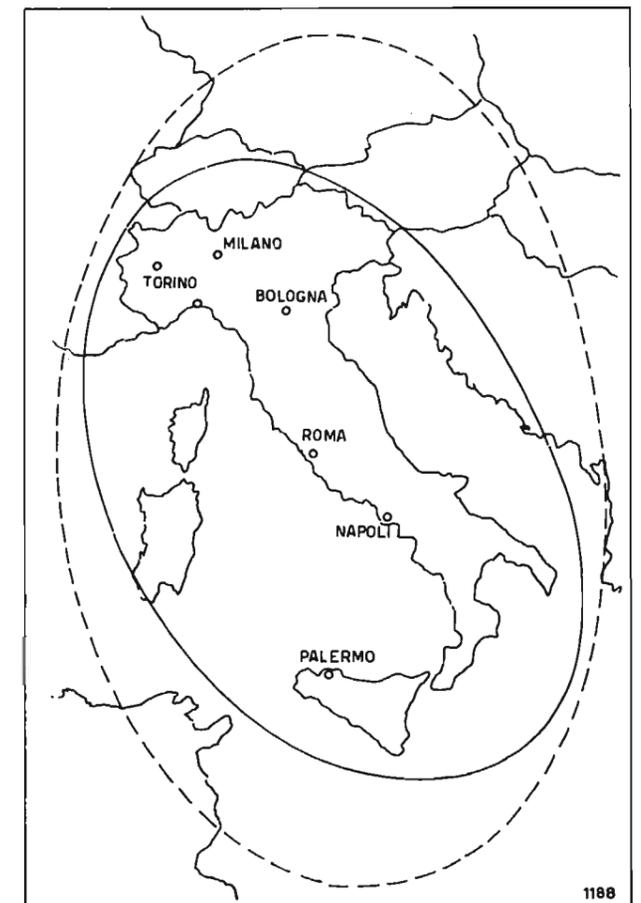



Fig. 5. — Area di servizio per l'Italia. A tratteggio: prevista dalla WARC '77 — aperture a metà potenza: φ_{o1}=2,38°; φ_{o2}=0.98°; inclinazione asse ellisse δ=137°. A linea intera (sacrificando Lampedusa): φ_{o1}=2,023°; φ_{o2}=0,72°; δ=145°. Si ottiene un guadagno di ~ 2 dB per l'antenna di bordo ipotizzata per HDTV.

A titolo del tutto indicativo, essendo ancora tutta la materia allo studio, al solo scopo di avere un'idea della fattibilità di un sistema DDS in HDTV a 23 GHz, si calcola un link-budget partendo da un ipotizzabile sistema così fatto: riduzione di ridondanze e compressione a 70 Mbit/s trasmesso in 4 PSK. Banda equivalente del rumore del ricevitore a terra B_n=35 MHz (bibl. 5). Si suppone il transponder in saturazione.

Restando anche qui nei criteri usati per la pianificazione a 12 GHz (WARC '77) si pensa di restringere l'area di servizio dell'Italia (sacrificando l'isola di Lampedusa) come indicato nella figura 5. Ciò consente di guadagnare 2 dB sull'antenna di bordo (in assenza di indicazioni si è tracciata l'ellisse per un satellite posizionato a 19° ovest) e ancora di più si potrebbe guadagnare con diagrammi di antenna conformati. Si ipotizzano condizioni meteo corrispondenti al 99% del mese peggiore e ricezione ai bordi dell'area di servizio.

Nell'ipotesi di disporre di un TOP di potenza a bordo da 120 W (ipotesi attualmente vera per soli apparati di terra, ma non per modelli di volo), e supponendo ancora di voler ricevere con un'antenna da 90 cm di diametro e con preamplificatore realizzato con HEMT,

si possono prevedere al ricevitore a terra rapporti portante/rumore dell'ordine di $C/N \cong 10{,}5$ dB ovvero circa 7,5 dB in meno del valore minimo $C/N \simeq 18$ dB che potrebbe consentire una ricezione a terra con tasso di errore inferiore a 10^{-6}. Questo ipotetico collegamento che, per le premesse fatte, ha messo in evidenza una scarsità di potenza nel rapporto di 5,6 volte, serve solo ad indicare le maggiori difficoltà che si incontrano in un servizio come quello ipotizzato.

Il rapporto C/N richiesto potrebbe essere raggiunto:

a) aumentando il diametro dell'antenna ricevente da 90 cm a 2,20 m (poco adatta per un servizio DDS sia per le dimensioni sia per l'instabilità del puntamento) a parità di potenza del TOP di bordo;
b) aumentando la potenza del TOP a valori che attualmente esistono per soli apparati di terra;
c) conformando il diagramma d'antenna di bordo all'area da servire;
d) riducendo ulteriormente la temperatura equivalente del ricevitore con componenti più avanzati, o raffreddati con tecnologie che nel futuro potrebbero dimostrarsi più semplici ed efficaci di oggi (effetto Peltier).

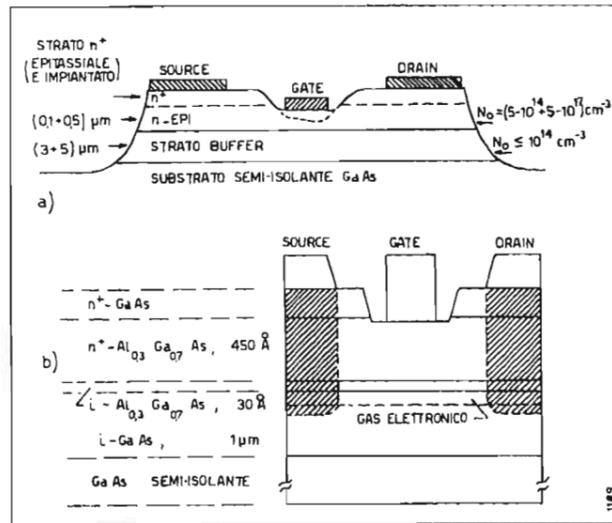
Fig. 6. — *a*) Rappresentazione schematica di un GaAsFET.
b) Rappresentazione schematica di HEMT.

APPENDICE

Nel campo dell'amplificazione a basso rumore a microonde un nuovo dispositivo si è affiancato al transistore a effetto di campo all'Arseniuro di Gallio (GaAsMESFET) a partire dall'inizio degli anni '80 (bibl. 8): si tratta del Transistore ad Effetto di Campo a Eterostruttura, proposto simultaneamente dalla Fujitsu (Giappone) e dalla Thomson (Francia) e identificato con gli acronimi HEMT (High Electron Mobility Transistor) dai Giapponesi e TEGFET (Two Dimensional Electron Gas Field Effect Transistor) dai Francesi. In seguito numerose industrie si sono interessate a questo nuovo tipo di transistore, sviluppando dispositivi analoghi identificati da vari acronimi: MODFET (Modulation Doped Field Effect Transistor), SHDT (Selective Doped Heterostructure Transistor).

Il MESFET e l'HEMT appartengono entrambi alla categoria dei dispositivi a comando capacitivo di carica, in contrapposizione ai dispositivi a comando resistivo di carica come il Transistore Bipolare. Entrambi utilizzano un contatto di tipo Schottky per il Gate che è l'elettrodo di controllo della corrente circolante tra gli elettrodi Source e Drain, il secondo dei quali è posto a un potenziale più elevato del primo.

In figura 6*a* (bibl. 6) è rappresentata la struttura di un Transistore a Effetto di Campo all'Arseniuro di Gallio di tipo N, depositato su un substrato isolante dello stesso materiale. Da un esame di tale figura è possibile osservare che l'applicazione di una tensione negativa all'elettrodo di Gate provoca uno svuotamento della regione sottostante, riducendo la sezione del canale che è attraversato dalla corrente circolante tra Drain e Source.

Nel caso di un HEMT, la cui struttura è rappresentata in figura 6*b* (bibl. 6) l'introduzione di una interfaccia (Eterostruttura) tra gli strati di GaAs intrinseco di elevata purezza e di $Al_xGa_{1-x}As$ fortemente drogato N, determina la diffusione degli elettroni di conduzione dall'$Al_xGa_{1-x}As$ al GaAs intrinseco dove vengono confinati in una buca quantica che si crea all'interfaccia. Si forma così un sottile strato (denominato Gas Bidimensionale) di elettroni spazialmente separati dagli atomi donatori che li hanno generati e quindi liberi di muoversi nel GaAs intrinseco privo di impurità.

Grazie alla separazione spaziale tra gli elettroni e le impurezze donatrici che li hanno generati è possibile ottenere elevate concentrazioni di portatori senza che la mobilità ne sia ridotta.

Ciò comporta un notevole incremento della transconduttanza e fa sì che il tempo di transito nella zona di semiconduttore interessata dal terminale di Gate sia sensibilmente ridotto.

In figura 7 (bibl. 9) vengono illustrate comparativamente le prestazioni a temperatura ambiente dei GaAsMESFET e degli HEMT in termini di cifra di rumore minima e guadagno associato. La figura indica in favore dell'HEMT un miglioramento della cifra di rumore (F_{min}) superiore a 0.8 dB e del guadagno associato (G_{as}) superiore a 0.5 dB alla frequenza di 12 GHz e addirittura doppio a 20 GHz.

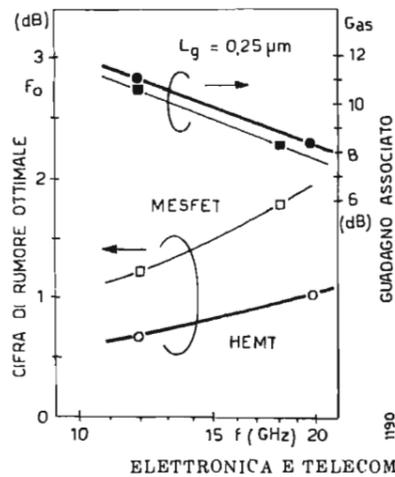



Fig. 7. — Cifra di rumore e guadagno associato di GaAsFET e HEMT di pari geometria.

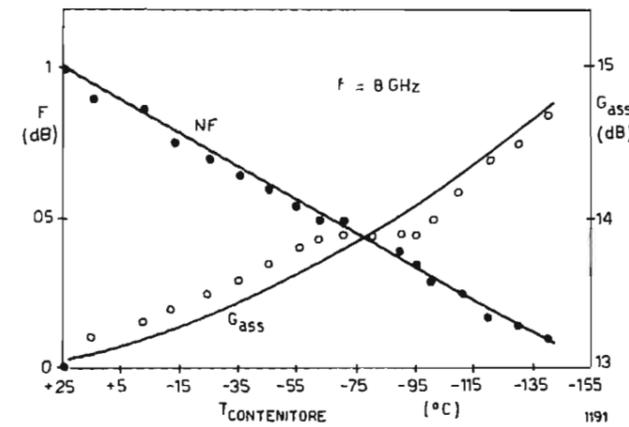



Fig. 8. — Variazione delle caratteristiche di un HEMT in funzione della temperatura.

Esaminando la variazione di tali grandezze in funzione della temperatura di lavoro, (fig. 8, bibl. 7), si può osservare come alle basse temperature si abbia un drastico miglioramento delle prestazioni che risultano superiori a quelle di molti amplificatori parametrici.

Per quantificare il miglioramento che si può ottenere utilizzando questi dispositivi, si può affermare che rispetto alla cifra di rumore di un preamplificatore che utilizzi dei GaAsMESFET di ottime prestazioni, quella dell'amplificatore con HEMT nella banda di frequenze 11,7-12,5 GHz risulta di circa 1 dB più bassa. Per quanto riguarda il guadagno, il miglioramento è anch'esso pari a 1 dB circa nel caso di un bistadio.

Occorre però notare che in realtà, la rete d'entrata dell'amplificatore introduce inevitabili perdite che peggiorano di qualche frazione di dB (~ 0.3 dB) la cifra di rumore del dispositivo.

(3709)

BIBLIOGRAFIA

1. - PACINI G. P.: *Ricevitore per televisione diretta da satellite: Unità Esterna.* «Elettronica e Telecomunicazioni», n. 1, 1985.
2. - GUPTA, GARG, BAHL: *Microstrip lines and Slotlines.* Artech House 1979.
3. - LONG T., STENGER L.: *The broadcasting of HDTV programmes.* «EBU Tech. Revue», n. 219, ott. 1986.
4. - SHELSWELL P., DOSH CH.: *Satellite broadcasting of HDTV: some basic considerations.* «EBU Tech. Revue», n. 219, Ott. 1986.
5. - COMINETTI M., MORELLO A.: *Trasmissione da satellite di segnali televisivi numerici: prestazioni e prospettive.* Riena, Atti 35° Congresso per l'Elettronica, 1988.
6. - ZANONI, LUGLI, CANALI, ALBERIGI QUARANTA: *Dispositivi elettronici ad alta velocità.* «Fis. Tech.», Vol. IX, n. 2, Vol. X, n. 2.
7. - BRIÈRE, DELAGEBEAUDEUF, ADAM, DEREWONKO: *Performances comparees des TEC AsGa et des TEGFET aux hyperfrequences.* «Revue Tech. Thomson», Vol. 18, n. 2.
8. - MIMURA, ABE, KOBAYASHI: *High Electron Mobility Transistors.* «Fujitsu Tech. J.», Vol. 21, n. 3.
9. - FUKUTA, HIRACHI: *HEMT's and new devices for high speed application.* «XVII EuMC Conf.», Proc.

e la banca dati arriva in casa

ITAPAC

Molti settori del mondo economico-commerciale e industriale-lavorativo hanno necessità di accedere rapidamente ad informazioni di vario tipo, poiché dalla rapidità nella ricerca delle informazioni dipendono i processi decisionali e la pianificazione delle strategie aziendali di sviluppo.

Oggi le nuove tecnologie hanno modificato le procedure per la ricerca dell'informazione. Esistono banche dati che sono in grado di fornire una grandissima quantità di informazioni quali: riassunti di articoli o di atti di congressi, schede descrittive di aziende e prodotti, dati numerici, serie statistiche storiche e previsionali, leggi, dati chimico-fisici, brevetti, ecc.

Ricercare delle informazioni su una banca dati è molto semplice; non occorre essere un «informatico» per accedere a una banca dati. I linguaggi da utilizzare sono simili al linguaggio colloquiale e ogni giorno diventano sempre più «user oriented».

Gli argomenti trattati sono i più svariati, dato che esistono banche dati che offrono informazioni su: chimica, giurisprudenza e diritto, informatica, scienze umane e sociali, medicina e biomedicina, scienza e tecnologia, affari (società, statistiche, marketing), energia e ambiente e molti altri argomenti.

L'utente che utilizza il servizio di accesso a banche dati riceve risposta ai suoi quesiti in modo quasi istantaneo, con un conseguente notevole risparmio di tempo e denaro.

Per poter accedere a queste informazioni in tempo reale occorre disporre di un terminale dati o di un personal computer e di una struttura di telecomunicazioni che colleghi il terminale alla banca dati che si vuole interrogare.

In termini di struttura di telecomunicazioni oggi esiste la rete ITAPAC, una rete per trasmissione dati di altissima qualità, basata sulla tecnica a commutazione di pacchetto.

La rete ITAPAC è una rete pubblica ad estensione nazionale, cui l'utente può accedere da tutti i punti del territorio e che consente di collegarsi alle reti a pacchetto di altri paesi (europei e extraeuropei) e alla maggior parte delle banche dati nazionali ed internazionali.

Ad ITAPAC possono essere collegati terminali a *pacchetto* (elaboratori, terminali video intelligenti ecc.) e terminali *asincroni a carattere* (terminali video, personal computer con interfaccia asincrona, ecc.) con velocità che possono variare da un minimo di 300 bit/s ad un massimo di 9.600 bit/s.

L'accesso alla rete può avvenire tramite circuiti diretti (per terminali a pacchetto e asincroni) oppure tramite rete telefonica commutata (per terminali asincroni). Attualmente le apparecchiature di rete sono situate in 41 località; è comunque possibile collegarsi ad ITAPAC da qualsiasi sede del territorio nazionale.

La tariffazione di ITAPAC è particolarmente vantaggiosa per utenti che effettuano l'applicazione di accesso a banche dati, in quanto il costo della transazione è funzione della quantità di informazioni scambiate e della durata del collegamento, ed è indipendente dalla distanza fra i punti di accesso alla rete.

Ad esempio l'accesso a una banca dati situata in Gran Bretagna, per l'espletamento di transazioni tipo (es.: 14.000 caratteri scambiati in un tempo di connessione di 10 minuti) comporta per un utente collegato ad ITAPAC tramite un circuito diretto a 1.200 bit/s ed ubicato in una qualsiasi delle 231 reti urbane centro di distretto un canone mensile di abbonamento di L. 147.100 ed un costo medio per transazione di meno di 3.000 lire. Utilizzando al posto di ITAPAC la normale rete telefonica il costo in teleselezione internazionale sarebbe invece pari a L. 122.800/mese di canoni e più di 14.000 lire a transazione.

Pertanto già per un impegno al di sopra di 5 transazioni al mese la rete ITAPAC si dimostra conveniente rispetto alla rete telefonica commutata.

A parte la convenienza economica, bisogna inoltre considerare anche i vantaggi in termini di qualità, servizi e prestazioni forniti dalla rete ITAPAC.

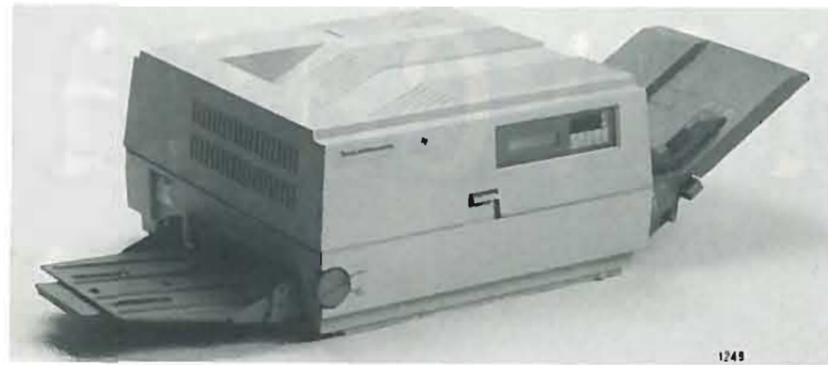
ITAPAC è una rete ad altissima qualità in quanto utilizza dei protocolli interni per la correzione degli errori. ITAPAC consente il collegamento fra terminali con protocolli e velocità diverse: l'adattamento avviene all'interno della rete. Le prestazioni opzionali di ITAPAC consentono personalizzazioni a livello di singolo utente (tassazione al chiamato, parametri del PAD), e livello di «gruppo d'utenti» (gruppo chiuso, identificativo unico).

Se desiderate ulteriori informazioni su ITAPAC compilate e inviate il coupon allegato a: SIP-Direzione generale M/MK-NP — Casella Postale 2420 — 00100 Roma AD

Azienda
Via N.
Città cap.
Provincia Regione
Nominativo dell'interessato
tel.
Settore di attività dell'Azienda

Desidero ricevere:
☐ materiale informativo su ITAPAC
☐ la visita di un funzionario commerciale SIP

NOTIZIARIO

Da comunicazioni pervenute alla Redazione

STAMPANTE LASER DA TAVOLO — La Texas Instruments (viale Europa, 40 - Cologno Monzese - MI) ha presentato la nuova stampante laser «Omnilaser 2106» illustrata in figura. Essa ha una velocità operativa di 6 pagine al minuto e, con ingombro e peso più contenuti, presenta la maggior parte delle funzionalità proprie dei modelli maggiori della stessa Texas Instruments quali i 2108 e 2115. In particolare consente di operare con ben 35 differenti font residenti in memoria.

La 2106 è in grado di stampare su supporti di tipo e formato differenti come, per esempio, le buste, le etichette, i fogli di acetato, ecc. Il cassetto dell'alimentazione della carta ha una capacità di 150 fogli; può essere inserito (opzione) un cassetto aggiuntivo per alloggiare altri 250 fogli.

Questa stampante è stata progettata per volumi di stampa di 3000 pagine al mese e per un ciclo di vita della durata di 5 anni; ciò la rende adatta per applicazioni di editoria personale, ma anche per produzioni di manuali, lettere personalizzate, listini di prodotti, ecc.

È basata su un microprocessore 68000 con 2 Mbyte di memoria RAM per la stampa con risoluzione di 300 punti per pollice sull'intera pagina.

(3720)

TELECAMERA CON VIDEOREGISTRATORE — La Hitachi, (via Ludovico di Breme, 9 - MI) presenta la nuova telecamera con videoregistratore incorporato VM-C40. Essa pesa solo 1200 grammi ed ha dimensioni molto compatte. Tuttavia dispone di tutte quelle funzioni che sono generalmente presenti in apparecchi di tipo professionale.

Utilizza un particolare sensore MOS (che sostituisce il tradizionale tubo catodico) per la trasformazione dell'immagine ottica in segnale elettronico; esso è in grado di garantire immagini molto dettagliate grazie alle 350000 cellule fotosensibili, realizzate su una minuscola superficie.

Il sistema ottico che focalizza l'immagine sul suddetto sensore MOS dispone di uno zoom×6 e di un otturatore a 5 velocità; la più rapida è di 1/2000 di secondo e consente di «fissare» anche immagini in rapido movimento.

Gli automatismi della VM-C40E la rendono di uso molto semplice e limitano l'impegno dell'operatore che deve solo premere un tasto; infatti tutte le regolazioni, compresa la messa a fuoco, sono effettuate dai sofisticati circuiti comandati da precisi sensori della macchina. Naturalmente le regolazioni possono essere effettuate anche manualmente.

(3735)

REGISTRATORE MULTIPUNTI DI GRAFICI — Il registratore della Philips (viale Elvezia, 2 - Monza - MI) modello PM 8238 ha 30 canali di entrata simultanei e consente la presentazione dei dati sia in forma grafica, con la chiara identificazione di tutti i singoli canali, sia in forma numerica tabulare. Esso è illustrato in figura.

L'apparecchio ha una capacità di misura ad alta velocità che permette di coprire tutti i 30 canali in soli 3 secondi; ciò costituisce un requisito essenziale per le misure in tempo reale specialmente se il risultato dipende dalla temperatura che può essere variabile.

La risoluzione di misura è di 1 microvolt sull'intera larghezza di tracciatura di 250 mm.

L'impostazione dei parametri può essere effettuata direttamente dalla tastiera del PM 8238 o remotamente da un controllore o da un personal computer attraverso l'interfaccia RS-232C IEEE 488.

Il sistema di stampa termica è molto affidabile, non richiede manutenzione e offre una elevata qualità; inoltre esso non richiede serbatoi d'inchiostro o pennini e può essere usato in ambienti industriali anche polverosi.

(3718)

CIRCUITI INTEGRATI A MICROONDE ALL'ARSENIURO DI GALLIO — La Hughes Aircraft Co. controllata dalla U.S. Air Force con l'Electronics Laboratory GE, produrrà circuiti integrati monolitici per microonde, all'arseniuro di gallio (notizia EIBIS International — 3 Johnson's Court-Fleet Street - Londra).

I chips avranno un lato di circa 2,5 mm e uno spessore di 0,1 mm, effettueranno funzioni analogiche (amplificazione di potenza e a basso rumore, sfasamento, commutazione, ecc.) fino alle frequenze delle onde millimetriche cioè molto oltre le capacità dei circuiti integrati al silicio. Tale tecnologia avrà importanza essenziale per l'evoluzione della prossima generazione dei radar, delle contromisure elettroniche, delle armi cosiddette intelligenti e dei sistemi di comunicazione.

Oltre che nel campo militare questa tecnologia avrà vasta applicazione anche nel campo civile (radar per il controllo del traffico aereo - elettronica dell'automobile, telecomunicazioni a microonde e via satellite, ecc.).

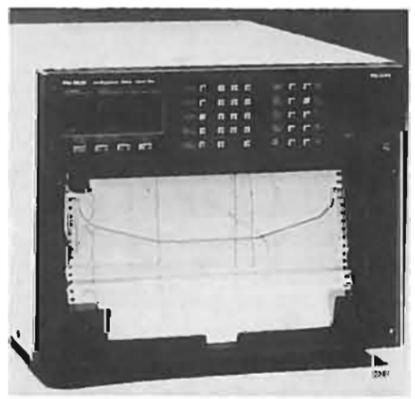
(3716)

PRONTI I PRIMI CHIP A 4 MEGABIT — La Siemens AG (in Italia: via Fabio Filzi, 25/A - Milano) ha iniziato a fornire in prova ai clienti il DRAM (Dinamic Random Access Memory) da 4 megabit; la produzione in serie comincerà nel 1989.

Il nuovo DRAM da 4 megabit ha una superficie di poco superiore a quella del DRAM da 1 megabit.

Lo sviluppo e l'avvio alla produzione dei chips da 1 e da 4 megabit, oltre a vari prodotti analogici, sono il risultato di un megaprogetto della Siemens che ha richiesto un impegno finanziario (in parte sostenuto dal Ministero Federale per la Ricerca e Sviluppo) di circa 3 miliardi di marchi (oltre 2200 miliardi di lire) con l'impiego di quasi 1700 tecnici.

La produzione in serie dei chip da 4 megabit verrà avviata nella linea pilota del centro di microelettronica a Monaco-Perlach.

(3717)

CALCOLATRICI ELETTRONICHE — La Divisione Calcolo e Didattica della Texas Instruments Italia S.p.A. (viale Europa, 40 - Cologno Monzese - MI) ha presentato alcune calcolatrici tra cui la Galaxy-10 tascabile è particolarmente adatta per la scuola media e le TI74 e TI95 programmabili (vedi figura) che possono essere corredate con moduli software allo stato solido, i quali consentono di risolvere problemi di matematica, fisica, chimica, ingegneria, ecc.

La Galaxy-10 tascabile è uno degli strumenti didattici più avanzati per l'apprendimento e le applicazioni della matematica e dell'algebra grazie anche all'innovazione di poter operare con i numeri frazionari con grande semplicità.

La Galaxy-10 consente di effettuare divisioni euclidee, di calcolare le potenze in base 10, di ripetere più volte una stessa

operazione (mediante il tasto OP) allo scopo di ottenere progressioni aritmetiche e geometriche, moltiplicazioni con il metodo della somma ripetuta e divisioni con quello delle differenze successive. Consente di impiegare fino ad otto livelli di parentesi.

Ancora più potenti e complete sono le calcolatrici programmabili TI-74 e TI-95. La prima viene indicata come particolarmente adatta per gli studenti dei corsi di laurea a carattere scientifico; essa ingloba un elaboratore programmabile in Basic.

La TI-95 «Procalc» (Programmabile - Calcolatore) è un calcolatore scientifico di elevata potenza di calcolo che utilizza un nuovo sistema di dialogo con l'utente basato su finestre a menu che facilitano l'uso e l'apprendimento delle oltre 200 funzioni di cui è dotato. Esso opera con 900 registri dati o con 7200 passi di programma, oppure ancora con 6200 byte per memorizzare informazioni o programmi applicativi.

(3719)

FOTOCAMERA A REGISTRAZIONE MAGNETICA — La Sony (via F.lli Gracchi, 30 - Cinisello Balsamo - MI) ha presentato in Italia la Mavica Sony, la prima fotocamera ad utilizzare la tecnologia magnetica per la registrazione delle immagini, nella sua versione professionale denominata Pro-Mavica.

La Mavica Sony, il cui primo prototipo venne presentato in Giappone nel 1981, è una fotocamera compatta che, invece di utilizzare la normale pellicola fotografica per «fissare le immagini», impiega un sistema di memorizzazione magnetica che permette la contemporanea associazione di suono e parlato ad ogni fotogramma e di inviare, attraverso apparecchiature opzionali, quanto registrato sul supporto magnetico a stazioni remote di ricevimento mediante alcune apparecchiature di trasmissione.

Il risultato non è solo la possibilità di sfruttare i consueti vantaggi della tecnica magnetica per la memorizzazione delle immagini (cancellazione, modificabilità, riutilizzo del supporto), ma soprattutto la possibilità di inviare con la massima rapidità le immagini registrate a stazioni anche lontane centinaia di chilometri sia attraverso la normale linea telefonica, sia attraverso reti specializzate di tipo privato.

Poiché la Pro-Mavica utilizza come supporto per la memorizzazione di immagini e suoni un floppy disk da 2″, impiegata in abbinamento a un videoelettore in grado di leggere il medesimo supporto, è possibile realizzare completi videocataloghi che possono essere, per esempio, utilizzati nelle presentazioni di un prodotto su listini autoesplicativi in cui la potenza dell'immagine viene coniugata con quella del parlato.

Costruttivamente, la Pro-Mavica Sony assomiglia ad una normale fotocamera reflex con sistema di messa a fuoco del tipo autofocus; la qualità e il dettaglio di immagine risultano molto elevati in quanto è stato incorporato un sistema di ripresa allo stato solido da 2/3 di pollice di nuova concezione, capace di garantire 380 mila pixel di definizione: pari a 360 linee televisive. Queste elevate caratteristiche sono state raggiunte grazie all'adozione di nuovi circuiti integrati a larga scala di integrazione realizzati, specificamente per questa apparecchiatura, nei laboratori Sony. La sezione ottica adotta uno zoom con focale compresa tra 12 e 72 mm, con funzioni macro, mentre l'otturatore elettronico può funzionare con tempi variabili in modo continuo tra 1/15 e 1/1000 di secondo.

Le immagini registrate con la Pro-Mavica Sony possono essere trasferite su supporto cartaceo mediante la stampante a colori Mavigraph UP-5000 in grado di produrre immagini di altissima qualità con 256 sfumature di colore in meno di un minuto.

(3721)

NUOVE MEMORIE OTTICHE — La Sony (via F.lli Gracchi, 30 - Cinisello Balsamo - MI) ha presentato in anteprima mondiale il disco ottico WORM (Write Once Read Many=scrivi una volta, leggi quante volte vuoi) di tipo analogico e quindi particolarmente adatto per la memorizzazione di immagini in movimento.

Il disco permette di incidere in modo autonomo dall'utente immagini in movimento e suoni per una durata massima di 24 minuti. Esso sarà quindi particolarmente adatto per tutte quelle aziende e organizzazioni che necessitano di archiviare grandi quantità di immagini (sino a 36000) in tempi brevissimi, senza quindi attendere la stampa di un tradizionale videodisco e nello stesso tempo garantire la necessaria riservatezza che solo un procedimento interamente realizzato «in casa» può assicurare.

Oltre a queste caratteristiche e a differenza di un normale videodisco, la tecnologia WORM offre un importante ulteriore vantaggio: nel caso si debba procedere all'aggiornamento di un'immagine o di una sequenza, è possibile mascherare, via «software», le immagini obsolete e sostituirle con altre aggiornate. Poiché questo tipo di disco accetta in entrata segnali analogici, i segnali di entrata delle immagini possono essere ottenuti a partire da una telecamera o da un normale nastro magnetico da 3/4 o da 1/2 pollice.

Il videodisco WORM troverà quindi il suo campo elettivo di applicazione nella registrazione e gestione di un grande patrimonio di immagini non soggetta a mutamenti o rapida obsolescenza come, ad esempio, nelle presentazioni aziendali, nei programmi di addestramento, nelle sequenze di un film, ecc.

(3722)

ATTENUATORE DI PRECISIONE — La Rohde & Schwarz (Monaco di Baviera - in Italia: Roje Telecom. S.p.A. - via Sant'Anatalone, 15 - Milano) ha presentato l'attenuatore di precisione RSP illustrato in figura. L'apparecchio è inseribile in linee con im-

pedenza di 50 ohm; l'attenuazione si estende da 0 a 139,9 dB con salti di solo 0,1 dB; il campo di frequenza coperto va da 0 a 2700 MHz.

L'RSP usa una correzione degli errori dipendente dalla frequenza. Le complete regolazioni effettuabili sul pannello frontale possono essere registrate in una memoria non volatile e richiamate all'occorrenza.

(3726)

PROVE FINALI DEL PRIMO INTELSAT VI — Il più grande satellite del mondo per comunicazioni commerciali, l'Intelsat VI F2 frutto di un'iniziativa internazionale che coinvolge sette stati, sta per essere sottoposto al collaudo finale in America, prima della consegna prevista per la fine dell'anno (informazione EIBIS - 3 Johnson's Court - Fleet Street - Londra).

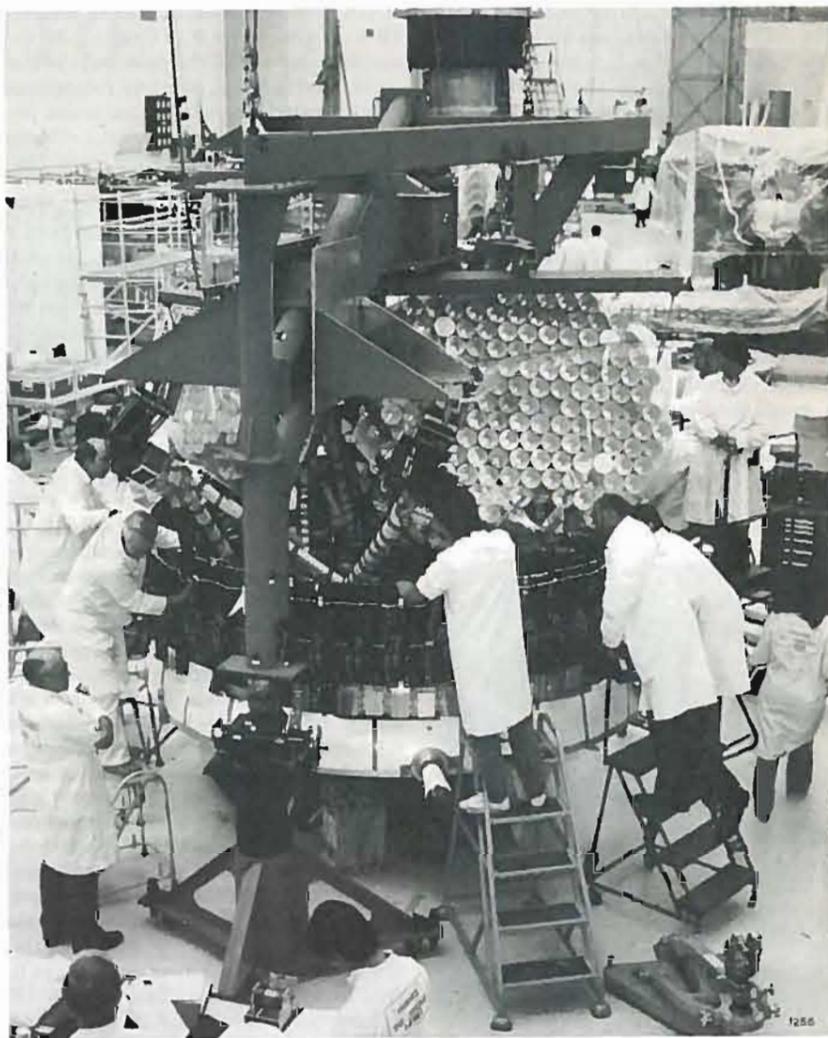
L'F2 è il primo dei cinque satelliti della serie Intelsat VI in corso di costruzione presso la Hughes Aircraft Co. per conto dell'INTELSAT, un consorzio di 114 paesi la cui rete di satelliti sostiene i due terzi del traffico telefonico intercontinentale del mondo e quasi tutti i collegamenti televisivi internazionali.

Il lancio dell'F2 mediante il razzo europeo «Arianne» da Kourou (Guiana Francese), è previsto per il prossimo anno.

Nell'ambito dell'enorme lavoro di costruzione della serie Intelsat VI, la Hughes ha appaltato parte di tale lavoro ad aziende del Regno Unito, Canada, Francia, Italia, Giappone, e Germania, realizzando così probabilmente l'esempio di maggior successo di cooperazione internazionale nel settore dell'alta tecnologia con uno sforzo coordinato di più di 3000 persone della Hughes e di altre 2000 sparse nel mondo.

Un passo conclusivo è stato l'accoppiamento della sezione non ruotante a quella ruotante. Quest'ultima contiene i sistemi di propulsione e di controllo e la maggior parte dei sistemi di potenza del satellite e ruota, compiendo 30 giri al minuto, per assicurare stabilità in orbita all'intero satellite. L'equipaggiamento per le comunicazioni, il rilevamento, la telemetria e il comando sono invece contenuti nella parte non ruotante che rimane stazionaria per tenere il sistema delle antenne rigorosamente puntate verso terra.

Il veicolo spaziale Intelsat VI F2 (v. foto) ha un diametro di 3,66 m, un'altezza di 11,9 m e peserà al lancio 424 chilogrammi. Potrà supportare 120000 circuiti telefonici a due vie e 3 canali televisivi; dovrebbe così soddisfare le esigenze di comunicazioni mondiali degli anni novanta.

Le aziende europee che lavorano all'Intelsat VI per conto della Hughes Aircraft Co. sono le seguenti:

Regno Unito Pilkington (coperture, celle solari); British Aerospace (riflettori in banda K e in banda C, adattatori e banda di separazione al razzo Arianne);

Francia Alcatel Espace (ricevitori in banda Ku e in banda C, multiplexer di uscita); Thomson-CSF (tubi ad onda progressiva in banda Ku);

Italia Selenia Spazio (antenna in banda Ku, trasmettitori e ricevitori telemetrici; unità telemetrica remota e centrale);

Germania Federale AEG (celle solari); MBB-Erno (pannelli solari).

(3729)

CONDENSATORI A CHIP FINO A 68 μF — La Siemens, (in Italia: via Fabio Filzi, 25/A - Milano) oltre ai condensatori ceramici multistrato a chip da 1 pF a 1000 pF, ha realizzato di recente anche condensatori al tantalio da 0,1 μF a 68 μF in esecuzione SMD. Si tratta di condensatori a chip da 6,3 V a 35 V in grado di sopportare temperature di 260° C per 10 s (saldatura ad onda, reflow ed in fase vapore).

I chip al tantalio, a seconda della capacità e della tensione, sono disponibili in quattro custodie diverse; le due più piccole sono confezionate su nastro di 8 mm di larghezza (2000 pezzi/bobina), quelle più grandi su nastro di 12 mm (750 pezzi/bobina). Questi condensatori, hanno una corrente residua bassa e presentano una resistenza agli urti pari a 981 m/s^2, ossia 100 g. La resistenza alle vibrazioni rientra nella gamma di frequenza da 10 a 2000 Hz (scostamento 1,5 mm, durata della sollecitazione 6 h).

Grazie al campo di temperatura da −55 a +125° C e all'elevata resistenza meccanica/elettrica i condensatori al tantalio a chip sono robusti a sufficienza per essere impiegati con sicurezza in tutti gli apparecchi per telecomunicazioni, informatica, misure, controlli e regolazioni.

L'assenza di terminali li rende più efficienti alle alte frequenze (dato che l'impedenza ha un andamento più regolare rispetto ai condensatori con terminali) e riduce la fonte di guasti. Questi robusti condensatori, che tra l'altro, possono essere montati in modo più razionale, sono attesi anche dai produttori di apparecchi elettronici per autoveicoli.

(3727)

ATTIVITÀ INTERNAZIONALE
nell'ambito della Diffusione Radiotelevisiva

a cura di O. ZECCHINI

Le riunioni internazionali che, per i diversi aspetti e ai diversi livelli, si occupano di problematiche tecniche che incidono sullo sviluppo della comunicazione radiotelevisiva, ormai non si contano più. Non potendone quindi fornire un quadro completo, obiettivo di questa rubrica è di fornire indicazioni sui risultati di alcune di tali riunioni, a cura degli esperti che vi hanno partecipato, cercando di dar conto delle linee di sviluppo delle tematiche principali.

RIUNIONE DEL SOTTOGRUPPO G2 (VIDEOREGISTRAZIONE) DELL'UER
Londra, Marzo 1988.

A Londra, in Marzo, si è tenuta la 30ª riunione del Sottogruppo G2 che si occupa di videoregistrazione.

Uno dei punti più importanti all'ordine del giorno consisteva nel valutare sia tramite prove soggettive, sia con l'analisi dei risultati di una campagna di misure oggettive, le prestazioni dei nuovi sistemi di videoregistrazione a componenti analogiche BETACAM SP ed MII.

Si tratta di sistemi molto validi ed i risultati dell'indagine sono stati trasferiti agli organi competenti dell'UER (Unione Europea di Radiodiffusione) per l'eventuale pubblicazione di una raccomandazione.

Si è inoltre analizzato il lavoro del Gruppo Specialistico G2/MES che ha praticamente terminato lo studio dei metodi di misura per i videoregistratori analogici con la produzione di un documento relativo ai sistemi a componenti.

Il prossimo periodo di studio riguarderà la registrazione numerica.

Per quanto concerne la videoregistrazione numerica si sta seguendo con attenzione la problematica legata all'introduzione nella produzione televisiva dei primi registratori 4:2:2 e si è analizzata la prospettiva, attualmente studiata dal Gruppo Specialistico MAGNUM, dell'introduzione in futuro di un formato di videoregistrazione numerica funzionante con bit rate ridotto.

Infine, un altro importante argomento all'ordine del giorno consisteva nell'analizzare le risposte ricevute da parte dei membri UER ad un primo questionario riguardante la registrazione di programmi televisivi in alta definizione.

Attraverso una serie di approssimazioni successive si intende infatti redigere un documento concernente le richieste circa le caratteristiche funzionali di tali apparati, da parte dei broadcasters europei.

M.A. (3737)

RIUNIONE DEL GRUPPO SPECIALISTICO R/RDS (PROMOZIONE ED ULTERIORI SVILUPPI NEL SISTEMA RADIODATA) DELL'UER
Bruxelles, 16/17 Marzo 1988.

Il Gruppo Specialistico, responsabile degli ulteriori sviluppi nel sistema RDS (RADIODATA) è stato trasferito dal Sottogruppo R1 alla Commissione di lavoro R. Presidente di questo Gruppo è il dott. ELY (BBC).

Lo scopo di questa commissione concerne gli ulteriori sviluppi del sistema RDS: paging, ridefinizione del codice di programma (PTY) e la conversione delle specifiche RDS nello standard europeo EN (Norme Europee) che sarà definito dal CENELEC (Comitato Europeo di Normalizzazione Elettrotecnica).

Questo è stato il primo incontro tenuto con la nuova denominazione.

Il primo argomento affrontato dalla Commissione è consistito nell'analisi del doc. tecnico 3260 che fornisce le direttive per le applicazioni del sistema RDS.

Il secondo argomento riguarda i codici RDS:

PI — identificazione di rete
ON — altre reti
TP/TA — servizi dedicati agli automobilisti

Nell'ambito di questo argomento sono stati esaminati i risultati delle prove condotte dalla BBC sui servizi dedicati al traffico ed al turismo. Questo è stato il lavoro più impegnativo affrontato dal Gruppo; infatti, a causa dei legami esistenti tra i vari codici, quando si vogliono utilizzare le altre reti (ON) per informazioni regionali e locali, l'attuale specifica risulta non adeguata. L'adozione della procedura BBC comporterà modifiche alle specifiche RDS.

Il Gruppo di lavoro si è espresso favorevolmente alla procedura BBC, che continuerà nelle prove. I vari membri sono stati invitati a studiare l'impegno del canale dati RDS che comporta l'utilizzazione del comando ON.

Dato che il Gruppo di Esperti in Programmi Radio ha proposto una definizione diversa dei codici di tipo di programma (PTY), è stato chiesto a questi Esperti di sottoporre le loro proposte al Comitato Programmi Radio, in modo da poter ufficializzare l'utilizzazione dei nuovi codici.

Gran parte dell'incontro è stato dedicato ad un lavoro di tipo editoriale di adattamento delle specifiche RDS da sottoporre come contributo al comitato CT 107 CENELEC.

Si è poi parlato delle reciproche esperienze per portare l'RDS a conoscenza del pubblico: fiere, conferenze, corsi, ecc.

Per ultimo si è parlato di come continuare il lavoro sul TMC (Canale di Messaggi dedicato al Traffico). Per questo si è auspicata la collaborazione degli Esperti dei Programmi per poter sviluppare delle proposte omogenee con altre Organizzazioni internazionali.

L'incontro è terminato fissando la prossima riunione a Lisbona in data 2-4 novembre 1988.

N.P. (3738)

RIUNIONE DEL GRUPPO AD-HOC V4/RS DELL'UER

Rennes, 30-31 Maggio 1988.

Nei giorni 30/31 Maggio 1988 si è riunito a Cesson Sévigné (Rennes), presso il centro studi CCETT (Centre Commun d'Etudes de Télévision et Télécommunications), il Gruppo AD-HOC V4/RS dell'UER (Unione Europea di Radiodiffusione), che studia un nuovo sistema di radiofonia UHF da satellite, per la ricezione domestica, portatile e mobile.

Il sistema proposto dal Gruppo è di tipo numerico, e utilizza tecniche sofisticate di modulazione (OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing), di codifica di canale per la correzione degli errori (codici convoluzionali con decodifica di Viterbi e codici di Reed-Solomon) e di codifica del suono per la riduzione del bit rate trasmesso da 700 kbit/s per ogni canale stereofonico a circa 220 kbit/s (Sub-Band oppure Transformation Coding).

Dagli studi preliminari risulta che il sistema richiede un canale a radiofrequenza di circa 4 MHz per fornire 16 programmi stereofonici di una singola area di servizio; per ottenere la copertura totale di un continente sono richiesti da 7 a 21 canali, a seconda della forma delle aree di servizio, ossia una allocazione di banda a radiofrequenza compresa tra i 28 e gli 84 MHz.

Nel corso della riunione è stato dimostrato il funzionamento di un primo prototipo del sistema di trasmissione numerica, sviluppato presso i laboratori CCETT. In particolare è stata messa in evidenza la robustezza del sistema proposto in condizioni di propagazione molto critiche, quali possono verificarsi nella ricezione mobile in aree urbane con antenne poco direttive.

Il sistema, completo del codificatore del suono (sviluppato dall'IRT), sarà dimostrato a Ginevra in Settembre, in occasione della conferenza mondiale per la pianificazione delle frequenze WARC-ORB '88.

A.M. (3742)

RIUNIONE DEL SOTTOGRUPPO V2 (DATA BROADCASTING) DELL'UER

Helsinki, 7-9 Giugno 1988.

Nei giorni 7-9 giugno 1988 si è tenuta ad Helsinki presso la YLE (Ente di Radiodiffusione Finlandese) la 12ª riunione del Sottogruppo V2 dell'UER (Unione Europea Radiodiffusione). Si riportano le conclusioni sui principali argomenti in discussione:

a) Specifiche del sistema UER per il controllo via etere dei registratori domestici («Programme Delivery»)

Un sistema di questo tipo, introdotto recentemente in Germania, consente il controllo automatico, via etere dei registratori TV domestici utilizzando opportuni «codici di identificazione» assegnati dall'editore ai vari programmi (ad es. data ed ora di messa in onda) e trasmessi su pagine Teletext con sufficiente anticipo rispetto all'istante di messa in onda.

L'inizio della registrazione avviene automaticamente e tempestivamente allorché, al momento della messa in onda del programma, viene trasmesso sulla riga 16 della cancellazione di quadro il «codice di conferma». Tale codice è analogo al codice di identificazione già memorizzato nel registratore. La coincidenza nel ricevitore fra i codici di identificazione e di conferma determina l'avvio della registrazione.

Il sistema UER è costruito intorno alla struttura del sistema tedesco col quale mantiene la compatibilità funzionale per le applicazioni di base (avvio automatico dei registratori domestici sui programmi preselezionati), ma presenta una notevole capacità potenziale per future applicazioni.

I codici di identificazione dei programmi, per la preprogrammazione del registratore, sono trasmessi su pagine Teletext. I codici di conferma vengono trasmessi sul pacchetto Teletext 8/30 (magazzino 8, riga 30), il cui impiego è previsto anche per la trasmissione di pagine Teletext di livello 1,5 (FLOF=Full Level One Features). Non è quindi richiesto l'uso della riga 16.

b) Diffusione dati da satellite nel multiplex numerico di segnali MAC

Completata la normativa per la trasmissione del Teletext nel multiplex numerico del MAC, il Sottogruppo V2 ha iniziato gli studi per la definizione di analoghe specifiche relativamente ai servizi dati «trasparenti». Un esempio di questi servizi è il DATACAST della BBC attualmente effettuato sulle reti TV terrestri.

Il protocollo unificato coprirà gli aspetti di «trasporto» del segnale dati (livelli bassi della struttura OSI).

I livelli alti del protocollo, relativi alle varie applicazioni non verranno invece normalizzati per non introdurre vincoli sui servizi, difficilmente superabili nel contesto europeo.

È stato preparato un documento tecnico preliminare che indica le caratteristiche essenziali del protocollo, i requisiti del multiplatore di trasmissione e dell'interfaccia per il ricevitore dati d'utente.

c) Diffusione dati nel multiplex numerico del NICAM 728 kbit/s

Il sistema numerico audio/dati a 728 kbit/s definito dall'UER (Unione Europea di Radiodiffusione) per impiego sui canali televisivi terrestri in alternativa al sistema televisivo tedesco con audio stereofonico a due portanti (adottato in Italia) prevede quattro modi di funzionamento:

— audio stereo
— audio bilingue
— audio mono e dati (364 kbit/s)
— dati (728 kbit/s).

Attualmente sono state definite le specifiche relative solo alla codifica del suono. Il V2 dovrà definire le specifiche per la trasmissione di segnali dati: Teletext e dati «trasparenti». Il lavoro su tali specifiche è attualmente in una fase iniziale.

M.C. (3744)

ASSEMBLEA GENERALE DELL'ETSI

Nizza, 19 - 20 Luglio 1988.

L'ETSI (European Telecommunications Standards Institute) è un organismo di recente creazione, derivato principalmente dal CEPT (Comitato Europeo delle Poste e delle Telecomunicazioni), che ha lo scopo di creare normative comuni europee per apparati e interfacce in tutto il campo delle telecomunicazioni.

Questa riunione dell'Assemblea generale si è occupata di problemi organizzativi e amministrativi.

In particolare è stato nominato il Vice Direttore dell'istituto nella persona di M. Ask della Danimarca che coadiuverà il Direttore prof. D. Gagliardi (Italia).

Si è inoltre discusso il rapporto del gruppo di lavoro incaricato di modificare l'allegato al regolamento dell'ETSI riguardante le classi di contribuzione dei membri; si sono discusse proposte di revisione delle norme di procedura per la preparazione delle norme tecniche; infine è stato approvato il bilancio delle spese per il 1988.

F.A. (3746)